

Modular Catalyst

FROM THE TILING OF A WATER PLANE
TO THE DESIGN OF A FLOATING STRUCTURE



Andrea Tardozi

Modular Catalyst

FROM THE TILING OF A WATER PLANE
TO THE DESIGN OF A FLOATING STRUCTURE

Andrea Tardozi



Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

Scuola di ingegneria e architettura

Corso di Laurea in Ingegneria Edile / Architettura

Tesi di Laurea in Architettura e composizione architettonica III

Anno accademico 2015/2016

Relatore: Prof. Alessio Erioli

Correlatore: Ing. Arch. Mattia Mercatali

ottobre 2015 - luglio 2016

contenuti

abstract	7
1.0_la darsena di Ravenna	9
1.1_acqua negli spazi urbani	11
1.2_lo stato della pianificazione	19
1.3_il ruolo dell'acqua	25
1.4_il catalizzatore urbano	29
2.0_le linee guida della progettazione	35
2.1_rapporto tra le fasi progettuali	37
2.2_geometria e tassellazione	41
2.3_modularità e design integrato	53
3.0_principi di aggregazione	65
3.1_l'area di progetto	67
3.2_la tassellazione cairo	71
3.3_passaggio alla tridimensionalità	81
4.0_il progetto architettonico	91
4.1_yacht design e vetroresina	93
4.2_galleggiamento e stabilità	97
4.3_studio dello scafo	103
4.4_il sistema di aggancio	115
4.5_il problema della marea	121
4.6_design delle strutture verticali	125
4.7_studio delle strutture interne	131
4.8_design dei percorsi	135
4.9_abaco delle tipologie modulari	149
4.10_applicazione reale	159
5.0_prototipazione	165
5.1_dalla modellazione al prototipo	167
5.2_processo e realizzazione	171
conclusioni	195
bibliografia	197

abstract

Questa tesi di laurea nasce dalla volontà di agire sull'area della Darsena di Ravenna, strategica in quanto via d'acqua navigabile che congiunge il mare con il centro città ma dal potenziale ancora poco sfruttato. Il progetto è studiato per essere inserito come catalizzatore urbano, creando spazi di interazione attraverso elementi modulari galleggianti e riconfigurabili per adattarsi a programmi d'uso flessibili; tali elementi si aggregano formando un sistema che ristrutturava lo spazio dell'attuale banchina, cambiandone la percezione da barriera a waterfront urbano.

La necessità di ottenere una struttura con capacità di crescita e cambiamento, in grado di adattarsi all'evoluzione del comparto urbano, sfocia in un approccio architettonico modulare. Partendo dalla pura geometria, ha inizio lo sviluppo progettuale che definisce inizialmente i principi di aggregazione dei moduli attraverso lo studio della tassellazione "Cairo" e delle sue possibilità di applicazione architettonica; successivamente viene studiato il passaggio alla tridimensionalità, indagando le possibilità di incorporare variazione ed eterogeneità all'interno del sistema senza compromettere la modularità ed arrivando ad integrare percorsi della tassellazione. Da questa prima fase nascono le tipologie modulari, definite sulla base dei principi di aggregazione scelti e pensate per creare un numero lato di combinazioni partendo da un numero limitato di moduli.

Definito lo schema di funzionamento, si passa al design ed alla definizione di forma delle parti che compongono i diversi moduli, affrontando le problematiche (o possibilità) che si incontrano nello studio di una struttura modulare galleggiante. Sulla base dello studio dei principi di galleggiamento, stabilità e yacht design, viene definita una forma di scafo adatta ai principi di tiling definiti in precedenza, e viene scelta la vetroresina come materiale per le parti strutturali. Questo fibrocomposito permette un design basato sui principi di leggerezza e versatilità progettuale, testimoniati dal largo uso nel campo dell'ingegneria navale. Tutte le parti che compongono le varie tipologie di modulo, dallo scafo alle colonne, fino alle strutture superiori, sono progettate cercando un dialogo continuo e organico. Viene proposta una soluzione per le problematiche dovute al continuo cambiamento del livello di marea, con la progettazione di un modulo mobile che dialoga tra le parti galleggianti e la banchina. Importante è anche lo studio del sistema di giunti tra le strutture modulari, pensato per resistere e smorzare le sollecitazioni isotrope provenienti dal moto ondoso. Il percorso progettuale porta ad uno studio di linee guida all'interno dei flussi di connessione, dal quale si arriva a definire il design delle pavimentazioni e la forma delle strutture di collegamento verticale. La prospettiva di applicazione reale prevede anche la possibilità di chiusura dei moduli e lo studio di un sistema di controllo climatico, permettendo l'inserimento di attività all'interno della soluzione architettonica. Si arriva a comporre un abaco delle strutture, con un conseguente aggiornamento delle tipologie modulari pensate in precedenza solo come schema di funzionamento.

Il percorso si conclude con la prototipazione di una serie di moduli, scelti in modo tale da permettere una serie di combinazioni che mantengono la continuità dei percorsi, rispettando i principi di modularità e tiling studiati.

La darsena di Ravenna

PERCEZIONE DI UN POTENZIALE INESPRESSO

1.1_acqua negli spazi urbani

1.2_lo stato della pianificazione

1.3_il ruolo dell'acqua

1.4_il catalizzatore urbano

1.0



1.1_acqua negli spazi urbani

STORIA DI NECESSARI CAMBIAMENTI

Ravenna e l'acqua hanno da sempre un legame fortissimo ed indissolubile. Non solo per i chilometri di spiagge che ogni estate ospitano migliaia di cittadini ravennati e non, ma soprattutto per l'importanza che mare e canali hanno rivestito per lo sviluppo della città nel corso dei secoli.

Il commercio via acqua, vista anche la posizione e la conformazione territoriale di Ravenna, ha rappresentato infatti il vero motore per l'estensione urbana e per la crescita demografica, ed il porto, nonostante un periodo di declino, è ancora oggi il cuore pulsante della città.

La storia portuale di Ravenna ha inizio nel primo secolo a.c. quando Augusto, il primo imperatore romano, dislocò una delle due flotte imperiali presso un insediamento alla foce del Candiano, in virtù della posizione strategica. Da questo momento il porto continuò ad essere attivo, anche dopo la crisi dell'Impero Romano, e conobbe una nuova epoca di splendore con il dominio bizantino della città.

Nel corso del medioevo il porto di Ravenna si affermò come uno degli scali più importanti dell'Adriatico e tanti furono i canali di raccordo costruiti per collegarlo al meglio con la città.

Nonostante gli sforzi il porto continuava però a rimanere troppo lontano e troppo difficile da raggiungere dalla città e, inoltre, alla fine del 1600 Ravenna dovette fronteggiare anche le continue esondazioni piene di detriti dei due fiumi che la circondavano: il Montone ed il Ronco.

Nel 1729 finalmente il Montone venne deviato fino a confluire nel Ronco dando così vita ai Fiumi Uniti ed eliminando definitivamente il pericolo d'alluvione. Contestualmente, nell'ambito di un più ampio progetto di sistemazione idraulica, iniziarono anche i lavori per la

1.1.1_foto aerea della Darsena di Ravenna, vista Ovest

(foto G. Biserni 2010)

costruzione del nuovo porto denominato Corsini e del nuovo canale naviglio che, sfruttando parzialmente l'alveo naturale lasciato libero dalla diversione del Montone, avrebbe dovuto collegare il porto alla città. Il canale fu ultimato nel 1737 e fu dedicato all'allora Pontefice Clemente XII Corsini prendendo il nome di Canale Corsini. I ravennati, però, affezionati al nome Candiano, trasferirono questa definizione alla nuova via d'acqua.

Questo canale rappresenta ancora oggi il collegamento tra Ravenna ed il mare e sulle sue sponde sono nate nel corso dei secoli tutte le attività industriali e commerciali che hanno fatto del porto di Ravenna uno dei porti più importanti d'Italia.

Il canale Corsini si insinua fino ad arrivare a pochi metri dal centro storico terminando con quella che viene chiamata darsena.

Il termine "*darsena*" deriva dall'arabo "*dar sinaa*" ed indica la parte più interna e riparata di un porto, circondata da banchine attorno alle quali sono situate attività di carico e scarico; con questa configurazione si presenta anche la darsena ravennate, caratterizzata da 4 chilometri di banchine attualmente aperte al flusso pedonale.

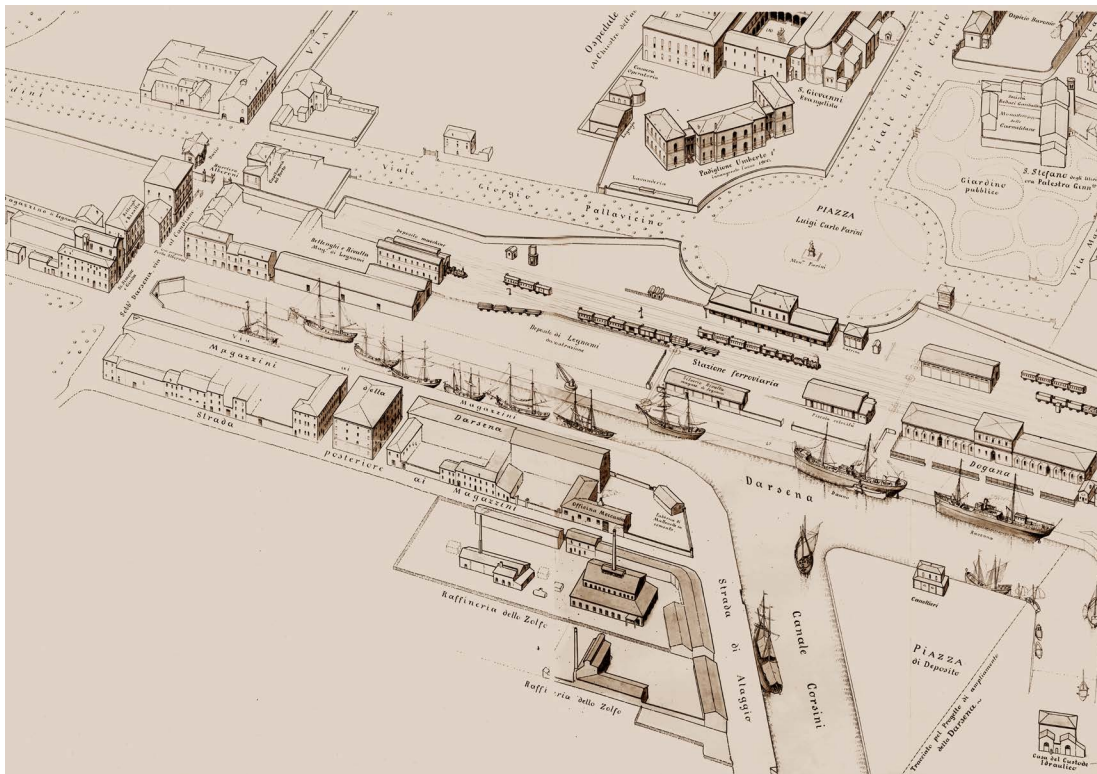
Nonostante l'estrema vicinanza al centro storico, la presenza della darsena viene solo lontanamente percepita dai cittadini ravennati, tanto da subire, negli ultimi decenni, un lento e progressivo abbandono.

A partire dal secondo dopoguerra, la crescita dimensionale delle tante industrie che da metà dell'Ottocento si erano situate nella darsena, porta ad una loro delocalizzazione e all'apertura di nuove sedi più lontane dal centro ma più vicine al porto. Contemporaneamente l'ampliamento dell'attività della SAROM e l'insediamento dell'ANIC e della CMC (due delle realtà più importanti della città) lungo le sponde del candiano spinsero sempre di più l'industrializzazione di Ravenna lontano dalla darsena.

La conseguente intensificazione degli scambi commerciali rese infatti chiara l'esigenza di aree più estese e facilmente raggiungibili da navi di maggiori dimensioni. Per queste ragioni, dagli anni '60 in poi, la darsena non fu più considerata come zona più importante del porto, anzi, le officine e i magazzini situati sulle banchine vennero pian piano lasciati vuoti. In questa situazione gli amministratori ravennati, oltre a definire lo sviluppo urbanistico lontano dalla darsena, iniziarono ad interrogarsi su come riqualificare questa zona "abbandonata" a pochi passi dalla stazione e dal centro storico.



1.1.2_vista dello specchio d'acqua dalla testata
*in primo piano una delle tante bitte che segnano la presenza costante
delle origini della darsena*



1.1.3_disegno del progetto iniziale e foto storiche della darsena

(credits: archivio foto storiche biblioteca Classense)



Seguono decenni di tentativi di approccio al problema che portano, solamente negli anni '90, ad un vero interesse verso il quartiere che circonda lo specchio d'acqua, visto ormai come potenziale parte delle dinamiche cittadine e denominato nella pianificazione "Darsena di città".

La zona diventa terreno per la sperimentazione urbanistica, uno spazio senza eguali per progetti di trasformazione cittadina che si proponevano di superare la funzione originaria degli edifici presenti. Con questo concetto, già espresso nel Piano Regolatore Generale (PRG) del 1983, si arriva ad una svolta, cominciando ad ipotizzare il riuso strategico della darsena a fini urbani. In questo senso, uno dei promi progetti che portano a risultati tangibili è quello del 1995 di Marcello Vittorini che mira ad un ritorno alla città tramite il ri-disegno integrale della darsena grazie ad ampi isolati regolari dalla funzione mista e a numerose aree verdi.

Ad oggi solamente alcuni provvedimenti facenti parte del progetto sono stati effettivamente realizzati, come la delocalizzazione della dogana, il recupero dell'ex magazzino Almagià e la rivitalizzazione del Parco Teodorico. Altre esplorazioni progettuali da sottolineare sono quello di Stefano Boeri, al quale il municipio ha affidato un incarico di consulenza al masterplan del 2004. Boeri ha immaginato diverse possibili raffigurazioni urbane nelle quali è presente un approccio univoco che accorda il primato del disegno unitario del verde e dello spazio pubblico. Altri temi centrali nel lavoro dell'architetto sono la caratterizzazione del waterfront urbano con edifici che si sviluppano in altezza, assieme alla creazione di un sistema di connessione tra la darsena ed il centro città, per superare la barriera infrastrutturale costituita dalla stazione e dai binari ferroviari.

L'orientamento verso la verticalità è dovuto soprattutto alla volontà di aumentare le quantità edificatorie per coprire gli elevatissimi costi di bonifica della darsena. Vista la presenza di ex siti industriali, la bonifica è assolutamente necessaria per portare a valori consoni la qualità delle acque e dei fondali.

Proprio l'altissimo costo per la bonifica, assieme alla dimensione e alla complessità di quest'area caratterizzata dalla presenza di grandi contenitori industriali dismessi, è una delle cause principali attorno alle quali si sono arenati i tantissimi progetti che dal 1995 in poi si sono proposti di riqualificare l'intera zona.

Attualmente la darsena di Ravenna si presenta ormai libera da ogni tipo di funzionalità portuale, configurandosi come potenziale raccordo tra la città storica ed il litorale, destinata a diventare sempre di più un luogo di incontro e di iniziative pubbliche.



1.1.3_vista sulla testata della darsena

(foto storica, Villani) sullo sfondo il retro della stazione quasi toccato dallo specchio d'acqua; si notano le banchine utilizzate dalle aree industriali come spazi accessori.





1.2_ lo stato della pianificazione

CONDIZIONI DI INSERIMENTO PROGETTUALE

La presa di coscienza della situazione di dismissione raggiunta dalle aree che circondano la darsena di Ravenna ha portato, come già anticipato, ad un inserimento sempre più forte della zona nella pianificazione urbanistica. L'interesse è cresciuto a tal punto da assumere, dagli anni '90, un valore strategico primario, capace di caratterizzare l'intero processo di pianificazione comunale oltre che l'intera città.

Il Programma di Riqualificazione Urbana (PRU) denominato "Darsena di città" viene inserito nell'ambito del PRG 1993, con un programma articolato in fasi attuative su un arco temporale trentennale, sviluppandosi anche attraverso la partecipazione a programmi di natura ministeriale e regionale.

L'idea alla base dell'intero processo è la costruzione di un sistema territoriale che valorizzi il ruolo di Ravenna quale "Porta sul Mare", recuperando con funzioni residenziali, commerciali e terziarie, un'area storicamente interessata da funzioni produttive portuali, posta in adiacenza al centro storico e con affaccio sul primo tratto del Canale Candiano, potenziando il nodo logistico e la già forte offerta turistica della città.

Da un punto di vista territoriale il perimetro dell'area in esame è costituito da via Trieste a sud, dal ponte mobile ad est, da via delle Industrie a nord e dalla stazione ferroviaria ad ovest. Il cuore, nonchè la parte maggiormente caratterizzante di quest'area, estesa per oltre 136 ettari, è rappresentato dalla parte terminale del Canale Candiano. A questo primo oggetto di assoluta centralità, costituito dal comparto vero e proprio della Darsena di città, vengono integrati nel Programma altri ambiti di intervento rilevanti (vd. 1.2.2).

1.2.1_elaborazione infografica dell'area tra Ravenna e il porto

in evidenza il canale Candiano che collega la costa al centro storico, terminando con la Darsena di città

Il primo e più importante è il grande comparto verde del Parco Teodorico, che si estende per oltre 12 ettari a nord della darsena. Realizzato tra il 1999 e il 2006, può essere sicuramente descritto come uno dei nodi strategici del progetto del verde urbano di cintura del PRG '93 e si presenta come l'elemento più qualificante in assoluto per le straordinarie suggestioni derivanti al progetto di parco dalla presenza del Mausoleo di Teodorico; in secondo luogo va preso in considerazione un intervento di ristrutturazione che porta al collegamento tra la stazione ferroviaria passeggeri e l'estremità ovest dell'area da riqualificare, adeguando la stazione stessa al nuovo quadro urbanistico di progetto e accentuando la centralità di tutto il comparto Darsena.

Questa prima fase progettuale del PRU "Darsena di Città" ha attivato il percorso di riqualificazione, sperimentando forme nuove di rapporto con gli attori della trasformazione urbana, pubblici e privati, e forme innovative di acquisizione gratuita di aree destinate a verde urbano. La seconda fase, inserita nel "Programma Speciale dell'Area portuale di Ravenna" (PsdA) ha visto la realizzazione di interventi di urbanizzazione, viabilità ed arredo urbano, edilizia pubblica e privata attraverso le innovative procedure di programmazione negoziata avviate dalla Regione Emilia Romagna.

Nei primi mesi del 2015, come revisione del previgente PRU, è stato approvato il Piano Operativo Comunale (POC) tematico "Darsena di Città". Il POC si sviluppa in linea con il processo di riqualificazione della Darsena avviato col precedente PRG'93, ma sulla base di concetti innovativi, in particolare in tema di cultura, turismo, sostenibilità e sulla base di un percorso partecipativo.



Proprio questo percorso, verso la fine del 2011, ha permesso a numerosi cittadini, tecnici e altri soggetti interessati di contribuire in maniera importante al progetto di riqualificazione con idee che sono state prese in considerazione per lo sviluppo del POC. In questa sede si è espressa con tutta la sua forza l'idea di una darsena riqualificata ma soprattutto idonea all'utilizzo da parte della cittadinanza.

Oltre alle opere previste all'interno dei subcomparti pubblici e privati, interamente a carico dei singoli attuatori, il POC prevede la realizzazione di rilevanti e strategiche opere pubbliche di infrastrutturazione e sostenibilità ambientale. Fra queste le più rilevanti sono: la stazione ponte quale cerniera e collegamento fra il nuovo quartiere e la città; la riqualificazione delle banchine quali luoghi centrali e di aggregazione delle attività culturali, ricreative, commerciali, sociali della nuova Darsena e ideale prolungamento della città storica verso il mare; la riqualificazione del canale quale elemento strategico di connotazione del nuovo quartiere e luogo ideale per usi sportivi/ricreativi.

1.2.2_la "Darsena di città"

lo specchio d'acqua domina la zona attraversandola da est a ovest.

In evidenza l'area compresa nel comparto, a sx il parco Teodorico, in basso la stazione, confinante con la testata della darsena.



L'intervento delineato dal POC Darsena tende alla realizzazione di un quartiere evoluto e capace di migliorare la qualità di vita degli abitanti, della città e del suo territorio. Alla base delle linee guida dell'intervento troviamo sicuramente la sostenibilità e l'attenzione per gli aspetti ambientali, come risultato finale di un insieme di azioni che partono dalla sensibilizzazione dei cittadini del quartiere quali attori principali e attivi della sostenibilità, passando attraverso il contrasto all'inquinamento atmosferico e miglioramento del microclima urbano. Particolare attenzione viene rivolta all'esclusione del traffico pesante con una configurazione che privilegia la capillarità ciclabile e pedonale lungo tutto il quartiere.

Altro punto fondamentale è la continuità del verde urbano, garantito dalla presenza di parchi e zone verdi portati a diretto contatto con il waterfront. Tutti gli edifici dovranno tendere all'autosufficienza energetica, anche sfruttando l'elemento distintivo del quartiere, ovvero l'acqua, all'interno della progettazione.

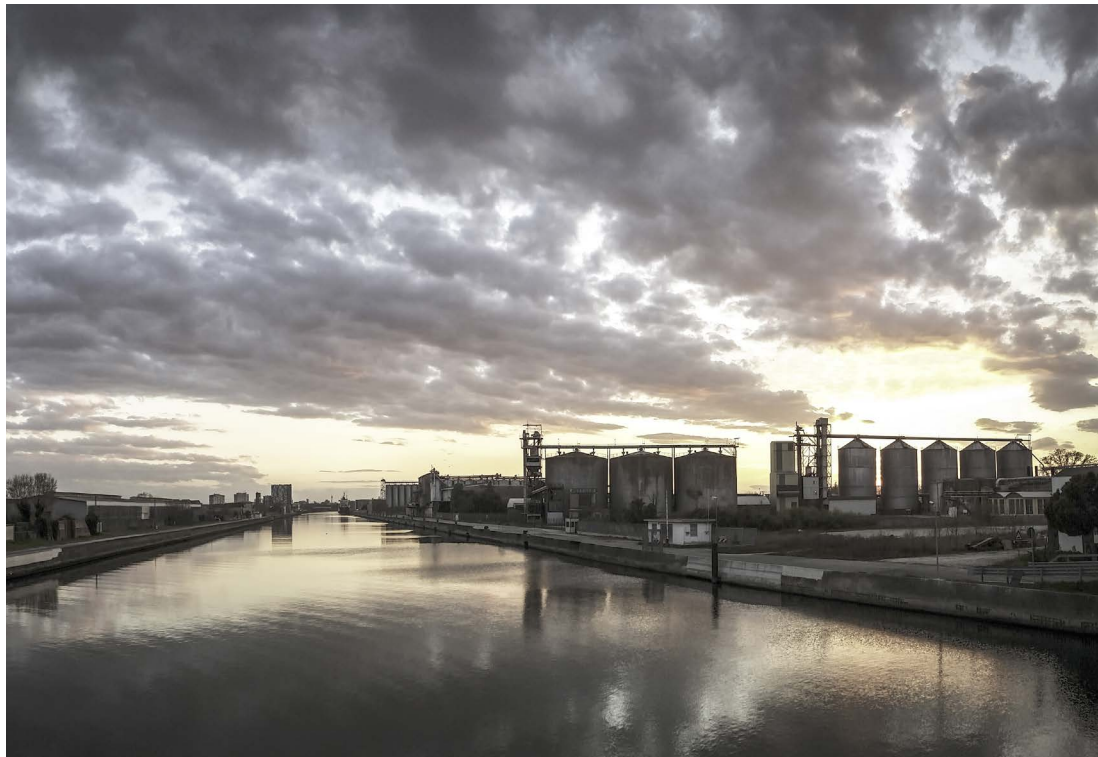
Viene inoltre pensata una caratterizzazione degli spazi per usi culturali, sportivi, ricreativi, turistici, sia attraverso il riuso del Canale Candiano, previa riqualificazione delle acque, quale primo elemento identificativo dei luoghi, utilizzando lo specchio d'acqua per spettacoli, cultura, sport, svago.

Questa serie di obiettivi rappresentano, quindi, lo scenario finale del nuovo quartiere darsena raggiungibile nel lungo periodo anche se, come detto, è già stata attuata una prima sistemazione della testata della Darsena, con illuminazione, arredi, e rimozione della recinzione dell'area portuale, consentendo l'apertura e conseguente libera fruizione della darsena da parte dei cittadini.

Nel breve la Darsena deve però essere comunque luogo di occasioni, di eventi, di attività che la facciano vivere fin da subito. L'apertura della Darsena, in attesa del decollo degli interventi previsti dal POC, può intanto portare ad un cambiamento di percezione della zona da parte dei cittadini sulla scia di quanto successo in molte altre parti del mondo, dove quartieri simili hanno ripreso vita diventando oggi luoghi esclusivi per la vita cittadina. Nasce da questo obiettivo la specifica disciplina di POC sui riusi urbani, che consente di utilizzare aree e contenitori in disuso dalla data di adozione del POC e fino all'approvazione del Piano Urbanistico Attuativo di riqualificazione definitiva. Le norme del POC Darsena prevedono infatti la possibilità di utilizzare in maniera temporanea edifici dismessi e spazi aperti per attività culturali, sociali, ricreative, sportive e di uso pubblico mediante l'inserimento di allestimenti leggeri e strutture non impattanti, con particolare riferimento a container o strutture che abbiano una attinenza tematica con le origini portuali dell'area.

Questi obiettivi della pianificazione urbanistica vengono considerati come base di partenza nel processo di progettazione, ottenendo una soluzione architettonica con le caratteristiche pensate nei piani, ma che funge anche da monito per proiettare verso obiettivi comuni tutti i progetti pensati per la zona.

Stiamo guardando solo l'inizio di un processo di ampio respiro, che comincia ad attivarsi puntualmente dove ci sono le possibilità, ma che deve evolversi con l'ambizione di raggiungere una configurazione globale coesa e di qualità.



1.2.3_scorcio della Darsena dal ponte mobile

le banchine confinano direttamente con lo specchio d'acqua e con le aree portuali ormai dismesse.





1.3_ il ruolo dell'acqua

VALORIZZAZIONE DEL WATERFRONT E DELLE BANCHINE

"La chiave per comprendere i progetti architettonici legati all'acqua è comprendere l'architettura dell'acqua: le leggi fisiche che ne governano il comportamento, il modo in cui essa impegna i nostri sensi, come la sua presenza si relaziona a noi come esseri umani."

Charles Moore, Water and Architecture, 1994

Come mediatore tra forme naturali e costruite, l'architettura può svolgere un ruolo importante nel plasmare la nostra esperienza con l'acqua. In particolare gli architetti subiscono spesso il fascino delle sue qualità essenziali, come fluidità, dinamicità, trasparenza, che si allontanano solitamente dalle linee guida classiche di progettazione architettonica. Al giorno d'oggi, le opportunità di osservare queste qualità sono diminuite, così come l'acqua visibile è quasi scomparsa dalla vita di tutti i giorni: un notevole cambio di rotta rispetto a periodi passati, quando l'acqua arrivava ad essere perno centrale della progettazione degli spazi pubblici, inserita come simbolo positivo di ricchezza e benessere.

Il caso della darsena di Ravenna è ideale per l'applicazione di questi concetti, con uno spazio navigabile non più incluso nei flussi portuali ma disponibile per nuove modalità d'uso e di percezione sociale e proprio la considerazione di qualità come fluidità e dinamicità sarà motivo di riflessione progettuale, puntando ad ottenere un dialogo profondo tra acqua e architettura. L'evoluzione ed il futuro di tutto il quartiere legato alla darsena partono necessariamente da una nuova visione e da un nuovo uso degli spazi pubblici immediatamente confinanti con l'acqua, che non deve rimanere ai margini della

1.3.1_la "Darsena di città", elaborazione infografica

le banchine connettono il comparto con il waterfront per tutta la sua lunghezza; in evidenza le aree attualmente non attivate e quelle in fase di attivazione.

progettazione ma verrà inserita all'interno di questa, facendo in modo che la singola soluzione progettuale possa contribuire all'innescare della rivitalizzazione dell'intero comparto, con l'obiettivo di restituirlo alla quotidianità.

La valorizzazione del waterfront passa, quindi, dal recupero e riqualificazione delle banchine della darsena, ormai prive delle funzioni portuali per cui sono nate, cercando una diversa percezione di queste zone da parte dei cittadini, che le utilizzano oggi solo per attività di svago, quali pesca e jogging. Per ottenere il cambio di rotta voluto, è necessario mettere alla base del ragionamento una visione diversa dello specchio d'acqua, attualmente percepito più come una barriera che come un'opportunità nei confronti della progettazione architettonica; sarà questo uno dei temi alla base delle soluzioni progettuali scelte.

Altro aspetto fondamentale per l'analisi del comparto e per i ragionamenti successivi, è il rapporto che si instaura tra le aree attualmente in corso di attivazione o già attivate. Negli ultimi anni sono stati portati avanti molti progetti grazie alla possibilità dei riusi urbani offerta dal POC, già citata nel capitolo precedente. La situazione è caratterizzata però da una generale mancanza di connessione tra i vari progetti puntuali, dovuta all'elevato frazionamento proprietario ed alla scarsità di aree appartenenti al comune.

Per cercare di ottenere la necessaria univocità progettuale all'interno del quartiere, le banchine si propongono, anche per questo aspetto, come via principale di connessione oltre che come punto di partenza per il recupero delle parti dismesse. Inserite in molti ragionamenti portati avanti nella pianificazione urbanistica di zona, le banchine vengono già considerate in molte delle soluzioni pensate per le aree vicine allo specchio d'acqua ma non vengono mai messe realmente alla base delle dinamiche progettuali.



Come già accennato non si possono dimenticare le difficoltà riscontrate nei progetti di bonifica delle acque e dei fondali, problema che ha accompagnato tutto il percorso di riqualificazione della darsena di Ravenna. Questi interventi, finalizzati principalmente alla rimozione dei fanghi industriali dai fondali e risultati troppo onerosi per le amministrazioni, sono necessari per completare il processo di conversione funzionale del quartiere da area industriale ad area puramente urbana. Lo scoglio è comunque superabile in questa fase di attivazione delle dinamiche di riqualificazione urbana, proponendo una soluzione progettuale capace di adattarsi all'evoluzione del quartiere passo dopo passo.

Il progetto prevede di portare le banchine a diventare luogo di vita e socializzazione, pensate per essere il punto di partenza del processo di riconversione urbana, innescando l'attivazione delle aree da recuperare.

Come detto, si rende necessario pensare questi spazi pubblici come multifunzionali e poliedrici, cercando progettazioni adattabili a più esigenze ed ai diversi periodi stagionali, collegandosi agli obiettivi e linee guida dati dalla pianificazione. Lo specchio d'acqua non viene solo inserito nella progettazione ma ne diventa protagonista assoluto, prendendo possesso del ruolo di attore protagonista che gli appartiene di diritto.

1.3.2_vista panoramica dalle banchine della darsena

il rapporto attuale tra lo specchio d'acqua e gli spazi vicini sottolinea la potenzialità inespressa del waterfront urbano.





1.4_ il catalizzatore urbano

DIALOGO TRA ARCHITETTURA E SPAZIO

“Nell’esperienza dell’arte ha luogo uno scambio peculiare: io do in prestito allo spazio le mie emozioni e le mie associazioni, e lo spazio dà in prestito a me la sua aura, che seduce ed emancipa le mie percezioni e i miei pensieri. Un’opera architettonica presenta forme e superfici gradevoli, plasmate perchè l’occhio e gli altri sensi le possano sfiorare, ma incorpora e integra in sé anche strutture fisiche e mentali, dando così alla nostra esperienza esistenziale una coerenza e un valore rafforzati.”

Juhani Pallasmaa, Gli occhi della pelle. L’architettura e i sensi, 2007.

La percezione dello spazio è un aspetto complesso dell’esperienza umana e non è riconducibile al solo senso della vista. Ammirare la foto di un edificio in un libro e vivere lo stesso edificio inserito nell’ambiente costituiscono due esperienze diverse, impossibili da comparare. Per cogliere la ricchezza e la vera essenza dell’architettura bisogna farne esperienza diretta.

Le tecniche moderne di progettazione hanno sicuramente cambiato il modo di fare architettura arrivando, molte volte, a trasformarla in un’arte meramente visiva: non vanno dimenticati tutti quei segnali che, elaborati dal nostro cervello, ci aiutano ad avere una complessa concezione spaziale.

L’architettura viene ideata e realizzata come luogo che esprime ed incarna un’esperienza spaziale e di vita. È irrilevante che essa si esprima in forme specifiche o, peggio, in specifici stili o linguaggi: ciò che è rilevante è che l’esperienza di chi fruisce e vive l’architettura possa condurre a percepirne i caratteri spaziali, ad appropriarsi della sua essenza.

1.4.1_vista del waterfront dalle banchine

lo specchio d’acqua rimane separato dagli spazi urbani nonostante sia diviso dalle banchine solo da un parapetto.

Come anticipato nei capitoli precedenti, il radicale processo di cambiamento funzionale della darsena di Ravenna, da area industriale ad area urbana, è tuttora in corso, ed è impossibile che si completi senza il recupero di quell'identità globale di zona persa con l'allontanamento delle dinamiche portuali e la conseguente dismissione delle aree.

Il recupero di questa identità deve partire dal progetto di uno spazio globale coeso e bilanciato; inserendosi nella situazione attuale, che presenta varie zone del quartiere in corso di attivazione ma slegate tra loro, si può ottenere una generale connessione agendo sul recupero degli spazi pubblici, che, sfruttando la forte presenza di un waterfront urbano molto esteso, possono certamente portare ad una diversa percezione delle zone e al recupero di un'identità globale.

Come ogni spazio urbano da progettare, anche questi luoghi vanno trattati assumendo l'identità di zona come obiettivo della prassi territoriale, con un occhio di riguardo verso le percezioni di chi vive davvero questi spazi urbani. Si passa, quindi, da una concezione vincolistica, ad una di progettuale miglioramento dei luoghi, compresi quelli della quotidianità, perché ogni spazio urbano rappresenta un quadro di vita per la popolazione interessata.

L'identità quindi, non più frutto di relazioni di lungo periodo fra luogo e comunità, cessa di essere oggetto di pura constatazione per diventare promotore di progetto, perché se il territorio è l'esito di un processo di natura fisica e storica, se è il luogo tangibile della memoria, se è il luogo stesso delle attività umane, diventa di fondamentale importanza capire quale valore si deve attribuire ad esso per trovare il giusto peso di conservazione da un lato e di sviluppo dall'altro.

La presenza di un'identità di zona è, quindi, il primo obiettivo da ricercare per la progettazione a lungo termine; anche solo una breve passeggiata sulle banchine dell'attuale darsena di Ravenna è sufficiente per percepire la generale mancanza di questa identità, accompagnata però dalla consapevolezza di essere di fronte ad un'area dal potenziale enorme.

Inserirsi nel contesto attuale significa anche partire con una soluzione architettonica che abbia la possibilità di essere sempre presente vicino alle aree che si attivano una dopo l'altra, aiutandole

nell'inserimento all'interno delle dinamiche urbane. La progettazione dovrà rendere possibile l'evoluzione della soluzione scelta, in modo da accompagnare la crescita dell'area stessa, fino al raggiungimento della completa riattivazione urbana.

Si crea, quindi, un progetto pensato nella darsena e per la darsena, proiettato in ogni sua parte al dialogo con le varie zone in corso di attivazione per arrivare ad una globale connessione degli spazi. Non va dimenticato che, nonostante i possibili cambi di configurazione dati da questa evoluzione architettonica, il progetto stesso deve conservare la propria identità.

La presenza dello specchio d'acqua, e delle banchine che lo sottolineano, non va visto come barriera ma come opportunità per la progettazione architettonica, che deve sfruttare fino in fondo questo potenziale. Questa sensazione di barriera progettuale, che blocca al momento il recupero dell'identità dell'area, è dovuta in parte alla percezione dell'acqua come limite di progetto invalicabile, ed in parte all'assetto delle banchine, ancora in configurazione industriale. Il primo approccio, quindi, avverrà lavorando su questa barriera, per ottenere una diversa visione ed un diverso uso del waterfront con l'obiettivo di collegarlo nel modo migliore ai flussi di connessione tra gli spazi urbani che compongono il comparto.

Il contatto con l'acqua, in termini di percezione, è quello che manca davvero al momento, non essendo sentito da chi vive queste zone; questo accade probabilmente a causa dell'abitudine nel vivere la darsena ancora nella sua fase di transizione da area portuale ad area urbana. Anche per questo, verranno considerati alla base della progettazione i concetti di fluidità e dinamicità, che dell'acqua sono i principali elementi caratterizzanti.

Serve anche attenzione nell'evitare di produrre un secondo spazio con le stesse funzionalità delle banchine, cercando invece di valorizzare queste funzioni ma offrendo anche nuove possibilità.

La necessità di studiare una soluzione non statica e capace di evolversi continuamente passa anche da un funzionamento off-grid: il progetto deve essere il più possibile indipendente dalle reti, in particolare dal punto di vista energetico.

Sempre per valorizzare il tema dell'identità, le strutture nasceranno direttamente da materiali provenienti dalle zone di produzione del porto di Ravenna.

La soluzione architettonica, che verrà illustrata nei prossimi capitoli, viene pensata non solo per inserirsi in questo contesto di prima attivazione dell'area Darsena, dialogando con lo specchio d'acqua e con le banchine che lo circondano, ma anche per dare una nuova spinta all'attivazione, con l'obiettivo di valorizzare la globalità del comparto. Questa valorizzazione ha lo scopo di portare ad un cambio di visione nei confronti di questi spazi urbani, in modo da ottenere la percezione di uno spazio coeso e di qualità, con la nascita di flussi stabili di connessione.

Gli spazi pubblici a contatto con il waterfront urbano vengono pensati come ampliamenti organici delle banchine, diventando elemento proprio del fronte canale e le strutture, progettate per valorizzarli, dovranno avere la capacità di mutare a seconda delle esigenze e delle situazioni.

Non compromettere la libertà di frequentare spontaneamente gli spazi urbani porta alla riappropriazione spontanea di questi luoghi da parte di chi li vive quotidianamente, arrivando ad un recupero dell'identità globale di zona.



1.4.2_vista dello specchio d'acqua dalla testata

la foto viene fatta con la stazione alle spalle; sull'estrema sinistra l'edificio dell'autorità portuale, sullo sfondo una serie di aree in fase di attivazione, che confinano direttamente con il waterfront.

Le linee guida della progettazione

PRINCIPALI RIFERIMENTI PROGETTUALI

2.1_rapporto tra le fasi progettuali

2.2_geometria e tassellazione

2.3_modularità e design integrato

2.0



2.1_rapporto tra le fasi progettuali

PERCEZIONE, GEOMETRIA, MATERIA

Il recupero di uno spazio urbano non può essere progettato senza considerare il rapporto che si instaura tra lo spazio stesso e chi lo vive quotidianamente. Dalle percezioni vissute si crea l'identità dello spazio, la cui forza dipende proprio dal grado di legame raggiunto. L'architettura, in questo senso, non va pensata solo come generatrice di forme e strutture: il progetto architettonico arriva a creare un vuoto attraverso la materia che sarà adatto ad un determinato utilizzo.

Se si considera un punto, pensato come posizione all'interno dello spazio che lo circonda, l'architetto lavora all'interno di questo spazio creando una forma di confine, un contesto, che definisce il punto e gli dà un significato: è in questo momento che si crea il rapporto con il luogo, che entra nell'esperienza di chi lo vive, generando un'identità. Se uno spazio e i suoi confini definiscono una serie di possibilità, il punto specifica un'unica situazione. Il significato del punto è sempre coerente allo spazio che lo circonda, e la forma è l'interpretazione del punto nel contesto. Lo spazio dà significato al punto, la forma lo rende visibile.

La generazione di una determinata percezione viene, quindi, inserita nel processo architettonico come base progettuale e come obiettivo da ottenere. Nel corso della progettazione, la materia viene plasmata per essere sia percezione che forma architettonica: creare l'oggetto della percezione significa anche creare la percezione stessa. In questo senso possiamo affermare che tettonica e percezione sono congruenti e riempiono lo stesso spazio progettuale.

2.1.1_Daniel Libeskind, Museo Ebraico, Berlino, 1999 - Torre dell'Olocausto

esempio della creazione di una forma di confine attorno ad un punto, ottenendo uno spazio pensato per generare una determinata percezione, in questo caso la situazione vissuta dal popolo ebreo durante l'Olocausto.

Il ruolo dell'architetto è quello di gestore di un processo progettuale in continuo sviluppo; non possiamo pensarlo come semplice osservatore di sistemi determinati, nè come manipolatore di materia passiva. All'interno del processo architettonico moderno, le varie fasi progettuali, come le riflessioni su forma, materia e tettonica, si intrecciano, abbandonando l'ordine che le divideva nettamente in passato. Gli architetti Jesse Reiser e Nanako Umemoto paragonano l'architettura classica al gioco degli scacchi, dove ogni pezzo ha una chiara e determinata identità ed una serie di mosse permesse all'interno di questa.

"Per i classicisti, una colonna è una colonna e nulla più."

Reiser + Umemoto, Atlas of Novel Tectonics, 2006.

In contrasto con questo approccio, viene proposta una visione diversa per il processo architettonico, che vede ogni elemento privo di un significato fisso se estrapolato dal suo contesto: l'essenza degli elementi emerge in relazione al contesto ed agli effetti specifici che si cercano nel progetto. Una serie di colonne, ad esempio, viene generata non come struttura singola, che si ripete intervallata da tamponamenti pensati come ornamento, ma come uno spazio continuo in cui le colonne agiscono in entrambe le direzioni. In questo senso struttura e ornamento si mischiano nello stesso elemento e non vengono distinti: grazie alla definizione di un maggiore o minore grado di densità di elementi, alcune aree agiscono prevalentemente come struttura, altre come ornamento.

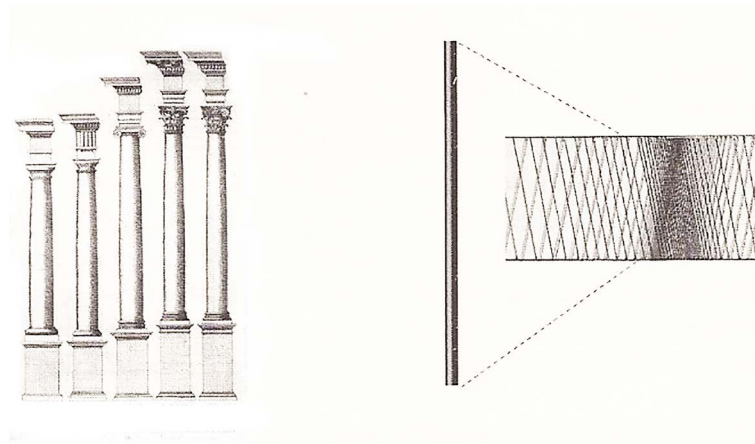
Questo esempio propone un superamento dei modelli classici definendo un nuovo iter progettuale che parte dalla pura geometria e si mischia con la materia e la forma, intrecciando continuamente queste fasi progettuali. La geometria cambia ruolo all'interno del processo architettonico: si passa dal semplice controllo della materia attraverso proporzioni e misure, ad un dialogo con i materiali, che vengono implementati nella geometria stessa.

Dopo lo studio della geometria si raggiunge un livello in cui scala e materiale si uniscono alla geometria e nasce un'interazione tra le parti, che si influenzano a vicenda. La soluzione architettonica viene generata da questo dialogo, non puramente dalla geometria e non puramente dalla materia.

Con questo approccio, il processo si complica inevitabilmente e diventa fondamentale l'apporto dato dagli strumenti tecnologici che offrono un supporto sempre più integrato, fornendo grandi possibilità di sperimentazione e controllo all'interno della progettazione.

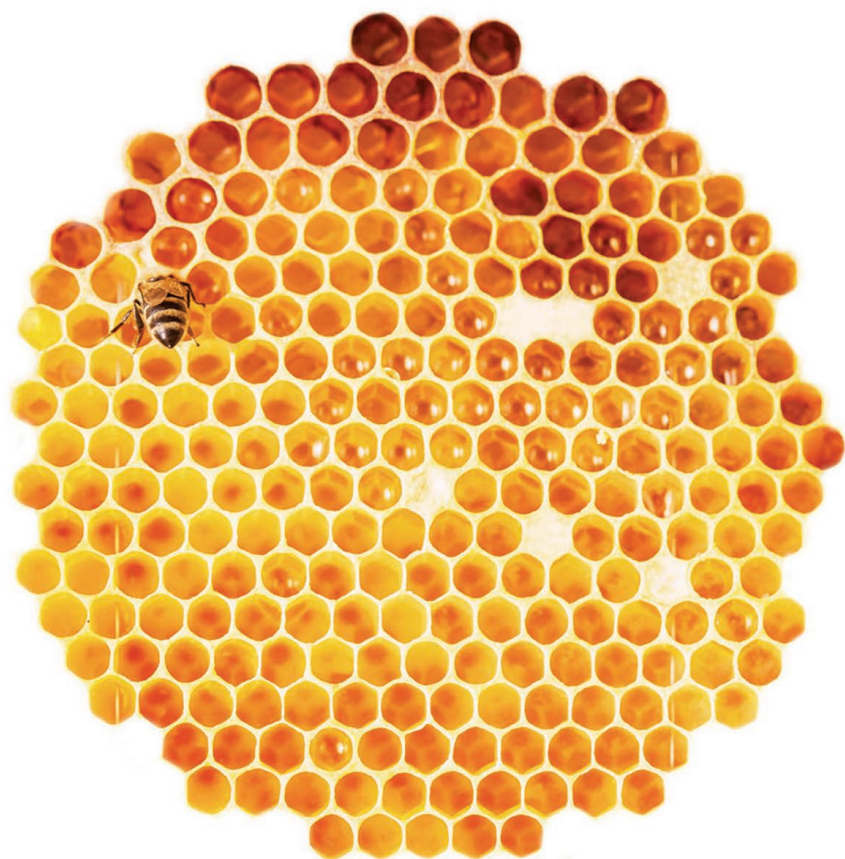
"Dobbiamo resistere alle soluzioni facili e rifiutare di prendere scorciatoie. La digitalizzazione è inevitabile come fu il Rinascimento dopo l'introduzione della prospettiva, come il modernismo dopo film e treni, come il postmodernismo dopo automobili e televisione - ma dobbiamo porre la digitalizzazione ai livelli base dell'architettura, al livello dove possiamo iniziare a riparare la frattura tra materialità della struttura tettonica e la sensualità dell'esperienza umana."

Lars Spuybroeck, *The architecture of continuity*, 2008.



2.1.2_l'esempio della colonna fatto da Reiser + Umemoto

l'immagine pone a confronto l'approccio dato dagli ordini architettonici e la generazione di una struttura continua



2.2_ geometria e tassellazione

I VANTAGGI DELL'APPROCCIO MODULARE

Una delle implicazioni introdotte grazie all'iter progettuale esposto in precedenza è la possibilità di un ampio controllo della progettazione. Grazie ai programmi digitali che consentono di mantenere un profondo controllo sulla geometria, il progetto evolve intrecciando le varie fasi progettuali che riescono ad adattarsi l'una all'altra senza prendere il sopravvento. Questo controllo permette di approfondire una strategia progettuale spesso rimasta ai margini dell'architettura, ma ormai radicata, ad esempio, nel campo del design. Se parliamo di approccio modulare ci riferiamo alla progettazione di un sistema composto da elementi separati che possono essere connessi. Uno dei principali vantaggi dello studio di un sistema modulare sta nella possibilità di poter aggiungere o sostituire ogni elemento (modulo) senza compromettere il funzionamento del sistema. I vantaggi non si riducono alla flessibilità nel design, ma spaziano anche nel campo del controllo dei costi di costruzione, con la possibilità di produzione seriale degli elementi appositamente progettati. Lo studio di un sistema modulare parte principalmente dallo studio della geometria di base del singolo modulo e delle possibilità che offre in termini di aggregazione e tiling. La tassellazione di una superficie consiste nella divisione di un piano grazie all'accostamento di una o più figure geometriche, con possibilità di estensione all'infinito senza sovrapposizioni. Storicamente l'architettura si serve delle tassellazioni principalmente per scopi decorativi delle superfici; troviamo esempi già nelle decorazioni sumere, ma soprattutto nelle pavimentazioni romane, composte da elementi geometrici ripetuti in serie.

2.2.1_la tassellazione in natura: l'esempio del favo

Il favo è un raggruppamento di celle esagonali di cera costruito dalle api all'interno del loro nido. Come succede per i quadrati e i triangoli equilateri, gli esagoni regolari possono tassellare il piano senza spazi vuoti: 3 esagoni intorno a ogni vertice. La forma esagonale consente l'uso efficiente di spazio e di materiali da costruzione.



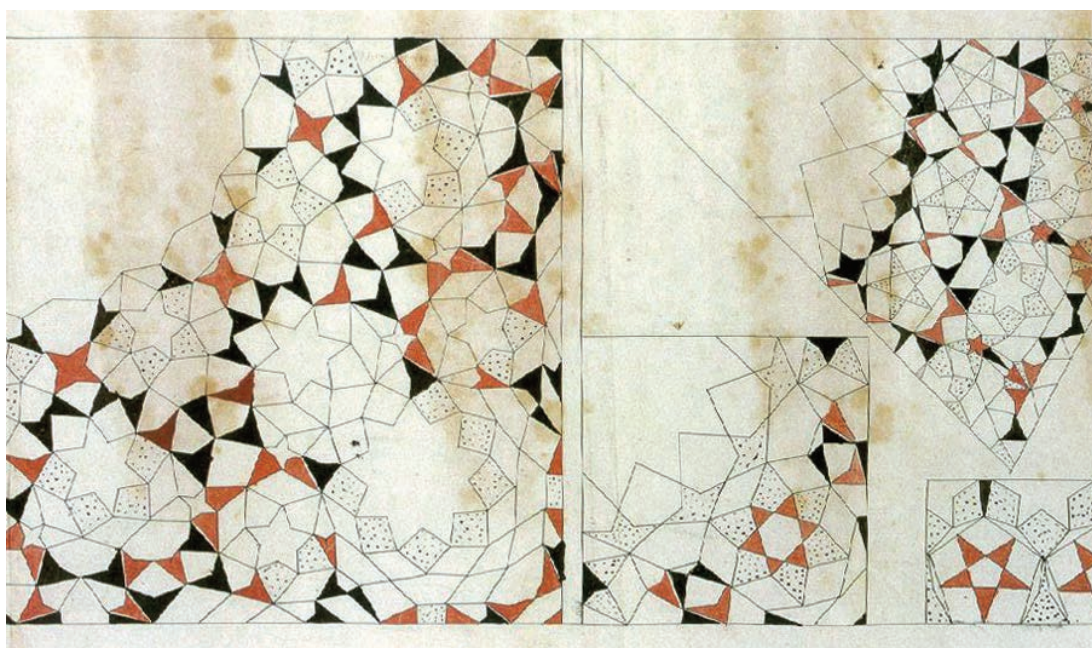
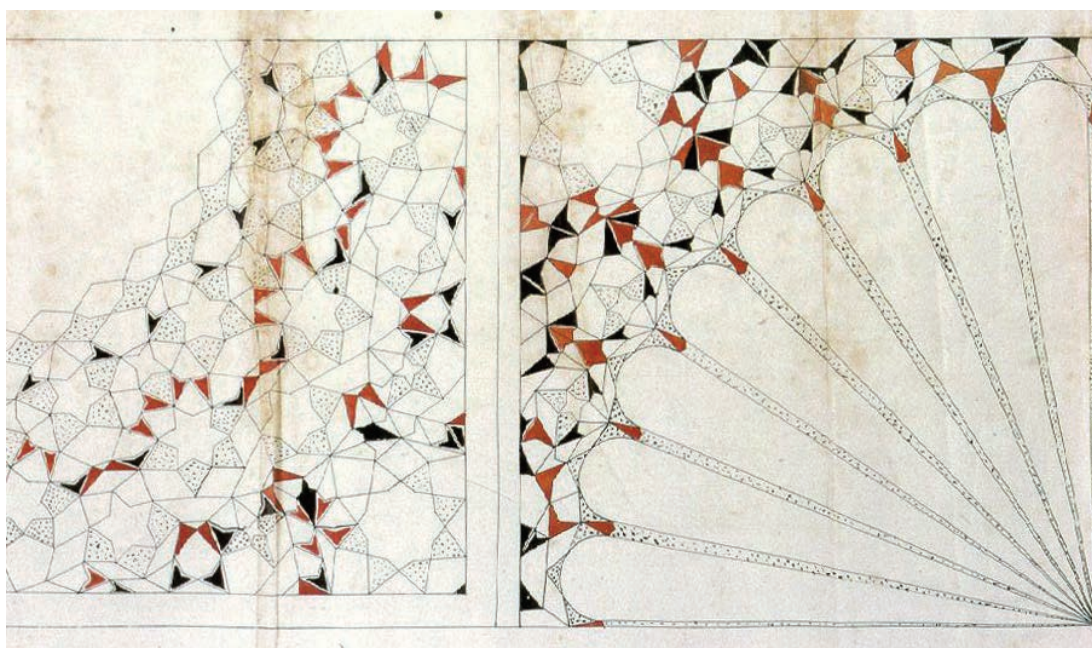
2.2.2_muqarnas all'entrata della Moschea dello Scià a Isfahan, Iran, 1038-1118.

lo studio del pattern geometrico passa dalle due alle tre dimensioni; lo studio della geometria, base di ogni decorazione della moschea, veniva fatto dai mastri costruttori arabi e fornito in pergamene.

Famosissime sono le tassellazioni che ricoprono gran parte dell'architettura araba: gli arabi sono sempre stati grandi studiosi di matematica e geometria, e tali conoscenze pervadono anche la loro arte, tanto che è tuttora comunemente usato il termine arabesco, per indicare motivi decorativi geometrici. Un particolare esempio di tassellazione e geometria è il *muqarna*, una soluzione decorativa propria dell'architettura islamica, originata dalla suddivisione della superficie di nicchie angolari raccordanti il piano d'imposta circolare della cupola con il quadrato o il poligono di base, in numerose nicchie più piccole. Questa soluzione, che possiamo classificare come esempio del passaggio dallo studio della geometria piana alla tridimensionalità, viene spesso accostata o mischiata alla tassellazione standard del piano. Nel caso delle architetture islamiche, queste soluzioni derivano dalla particolare matrice socio-culturale (e religiosa): l'evoluzione in questa direzione degli studi su geometria-ornamento-architettura è legata indissolubilmente al rapporto umano-divino; non a caso eseguire pezzi identici prima della rivoluzione industriale era una vera forma d'arte.

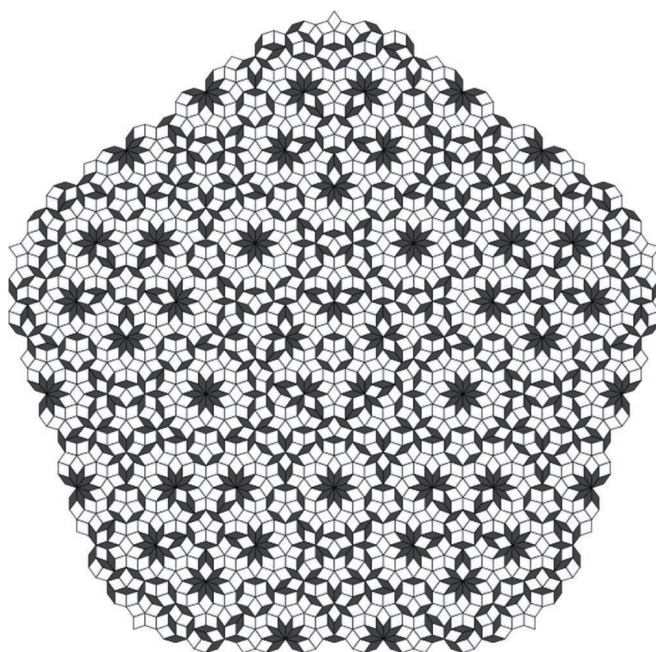
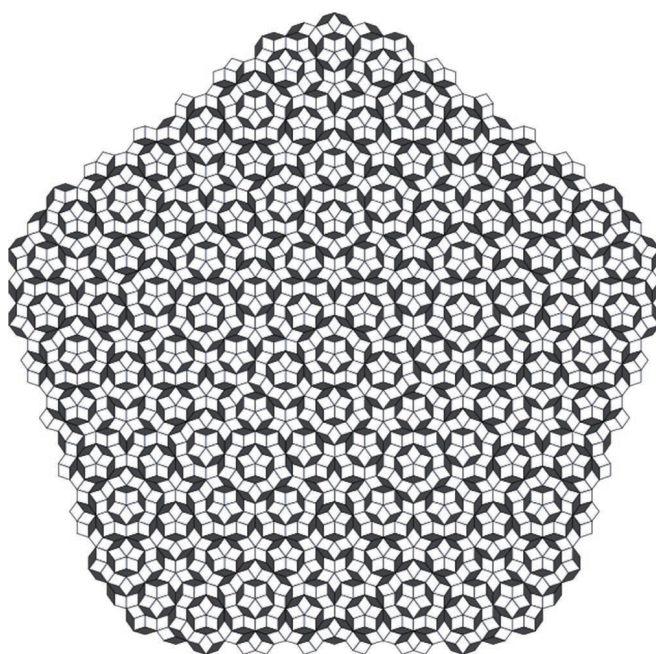
Possiamo descrivere la tassellazione, quindi, come un pattern geometrico basato su figure fisse che si ripetono secondo precise regole di aggregazione. Il tiling, inteso come divisione della superficie, può essere classificato in base alle figure geometriche usate e al loro principio di aggregazione.

Si dicono regolari (o periodiche) quelle tassellazioni per le quali esistono due traslazioni indipendenti, quindi aventi direzioni diverse, che mandano la tassellazione in sé stessa: in altre parole, possiamo ridisegnare tutta la tassellazione replicando una combinazione base e senza mai doverla ruotare o rovesciare. Altre tassellazioni, pur non essendo regolari, vengono mandate in sé stesse da particolari traslazioni: è il caso, ad esempio, di tassellazioni composte da bande di lunghezza infinita una accanto all'altra che siano ricoperte ognuna da una stessa tassellazione regolare ma disposte in modo sfalsato tra di loro. È possibile però realizzare, ed è un risultato a cui i matematici sono arrivati in tempi relativamente recenti, anche tassellazioni aperiodiche, ovvero tali che nessuna traslazione le mandi in sé stesse. È il caso ad esempio della famosa tassellazione di Penrose, con la quale i tasselli devono essere uniti rispettando un'unica regola: nessuna coppia di tasselli dev'essere unita in modo che formi un singolo parallelogramma, altrimenti ci sarebbe la possibilità di ripetere la figura in modo regolare. I tasselli possono essere modificati con rientranze e denti in modo da forzare l'applicazione della regola anche se l'aggregazione ha un aspetto migliore se i tasselli presentano lati lisci. Data questa regola esiste una quantità non numerabile di modi per tassellare un piano infinito senza lasciare gap tra le figure.



2.2.3_pergamene Topkapi, collezione del Topkapi Palace museum, Istanbul

le foto si riferiscono a pergamene create dai mastri costruttori iraniani nell'alto medioevo, tra le meglio conservate nel loro genere. Dallo studio della geometria e dell'aggregazione delle figure nascono le tassellazioni tipiche della tradizione araba, che troviamo realizzate nel campo dell'architettura, in particolare negli ornamenti architettonici.



2.2.4 esempio di tassellazione di Penrose, seme 5x2

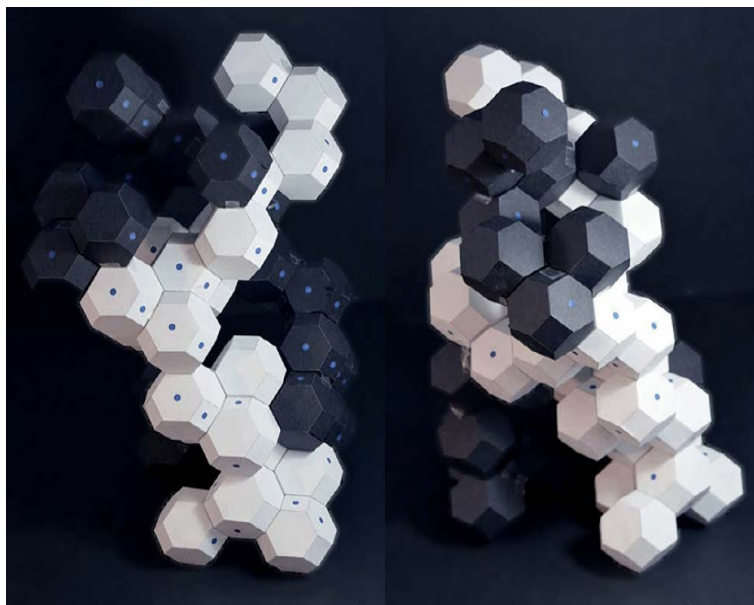
la tassellazione prende il nome dagli studi fatti dal matematico e fisico Roger Penrose negli anni '70. Ci sono simmetrie assiali e rotazionali, ma non esiste simmetria traslazionale: questo significa che la tassellazione è aperiodica.

POLYOMINO, Jose Sanchez, 2014

Il concetto di tassellazione può essere esteso alla tridimensionalità: il passaggio avviene sostituendo le figure piane con i poliedri, solidi determinati da un numero finito di facce piane, che possono essere aggregati in modo da riempire lo spazio senza lasciare vuoti. Di particolare interesse sono le tassellazioni che mostrano una certa regolarità, come quelle formate da poliedri tutti identici fra loro; un esempio banale è il cubo, unico tra i solidi regolari in grado di produrre una tassellazione dello spazio che si ripete all'infinito.

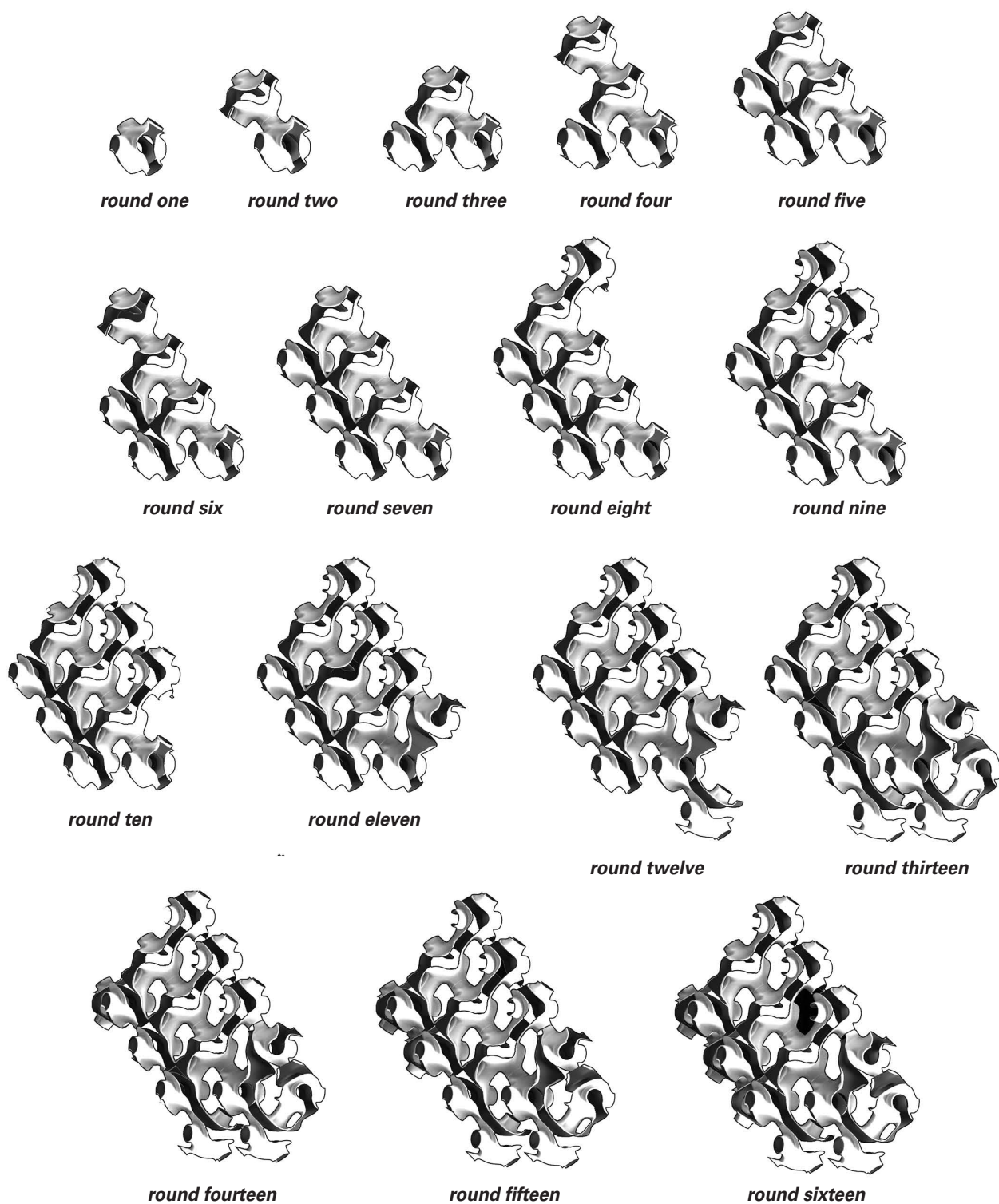
Partendo proprio dal concetto di aggregazione di poliedri nello spazio nasce il progetto di ricerca di Josè Sanchez denominato *"Polyomino"*. L'idea nasce dall'approccio non-standard all'architettura, con cui si intende la strategia di produzione di beni e servizi orientata a soddisfare i bisogni individuali dei clienti, preservando l'efficienza della produzione di massa in termini di bassi costi di produzione e contenuti prezzi di vendita. L'obiettivo è riconsiderare la ripetizione in serie attraverso uno studio di tipo combinatorio e non parametrico, indagando i modi per raggruppare e ordinare secondo date regole gli elementi di un insieme finito di oggetti e prendendo la geometria come struttura di dati per la creazione di variazioni nel design.

La ricerca spinge verso l'adattamento o ricfigurabilità del sistema: la struttura viene studiata per essere un sistema dinamico in crescita.



2.2.5 *polyomino, prototipo iniziale con ottaedri troncati*

il modello viene prodotto con elementi in carta: sono visibili i puntini che descrivono le possibilità di aggregazione e crescita.

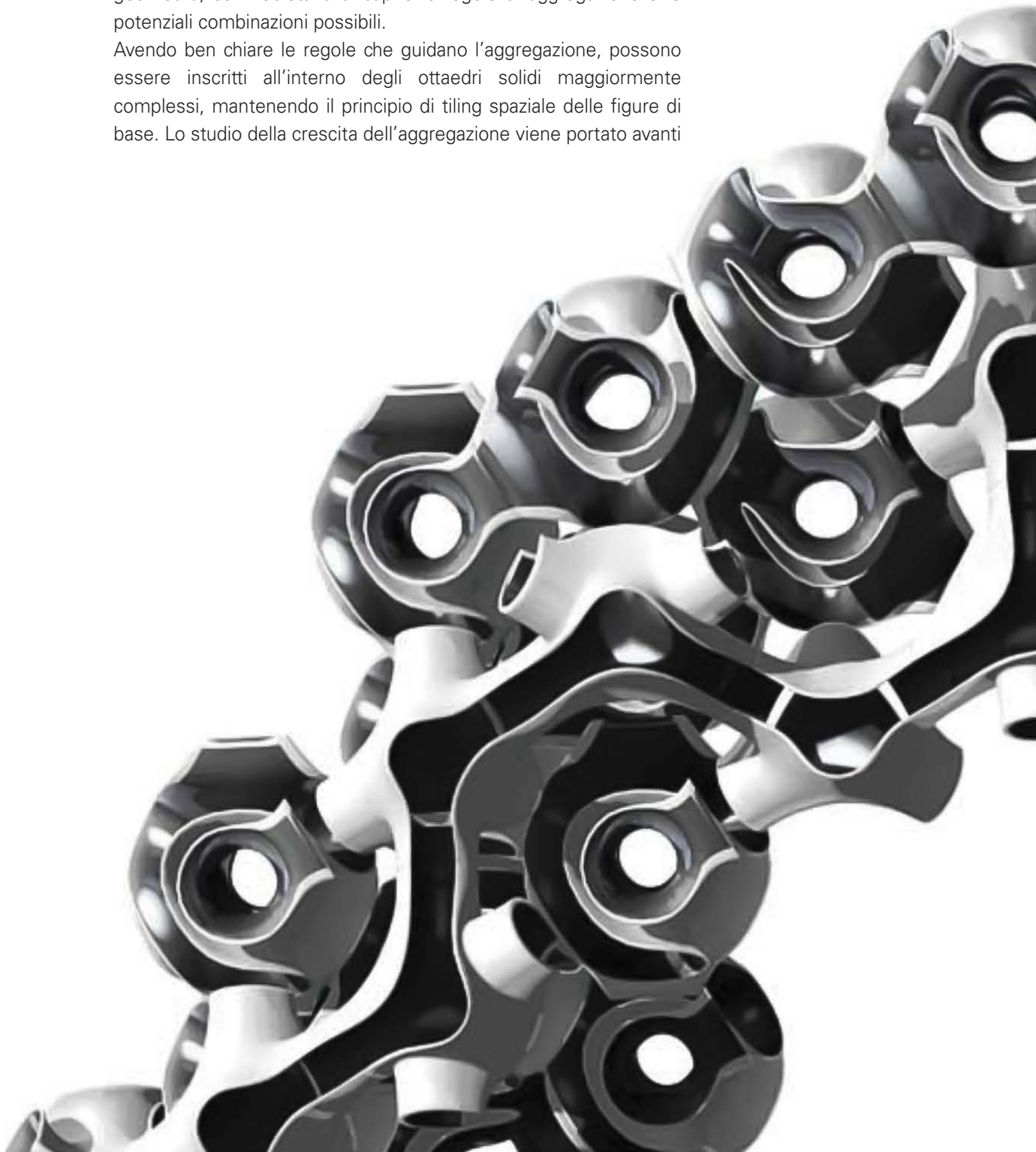


2.2.6_polyomino, sequenza di aggregazione

partendo da un elemento unico, sviluppato con il design geometrico finale, vengono aggiunti nuovi elementi secondo il principio di tiling.

Come punto di partenza del progetto di ricerca si è deciso di lavorare con poliedri che permettessero una tassellazione regolare dello spazio, riempiendolo senza gap. Tra le varie opzioni è stato scelto come solido di base l'ottaedro troncato, che presenta molte facce di confine e, di conseguenza, molte possibilità di ripartizione dei carichi tra le unità. Il solido scelto diventa oggetto dello studio iniziale dell'aggregazione e delle sue regole: come avviene per le tessere del domino, vengono disegnati dei puntini sulle diverse facce degli elementi, in modo da descrivere le loro possibilità di connessione. L'esplorazione di queste regole diventa la base per lo studio della geometria, con l'obiettivo di capire le regole di aggregazione e le potenziali combinazioni possibili.

Avendo ben chiare le regole che guidano l'aggregazione, possono essere inscritti all'interno degli ottaedri solidi maggiormente complessi, mantenendo il principio di tiling spaziale delle figure di base. Lo studio della crescita dell'aggregazione viene portato avanti



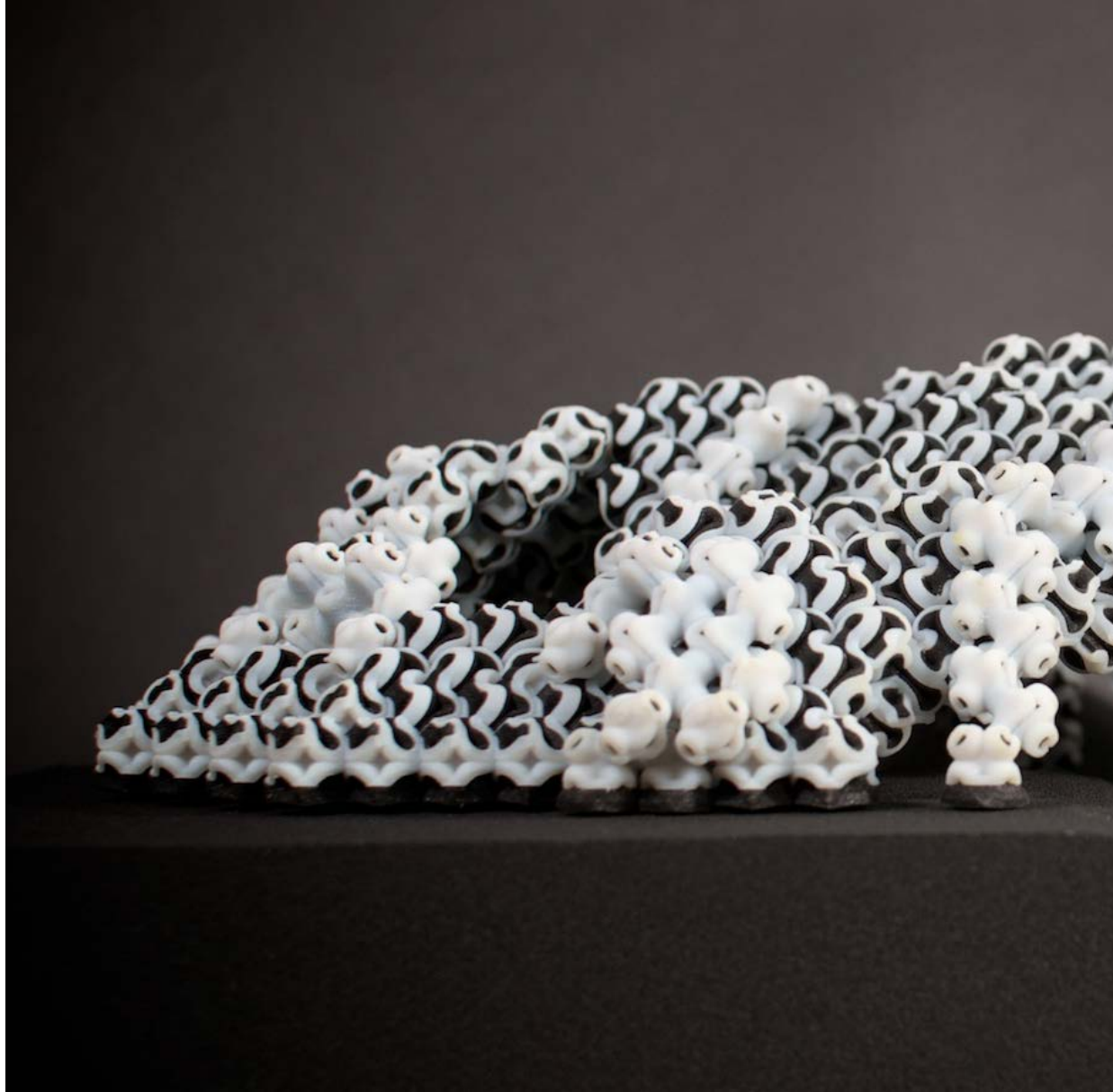


grazie ad un algoritmo, sviluppato con il software Unity3D, che permette di aggiungere elementi ponendoli a contatto con quelli già presenti: possono essere generate solo geometrie che combaciano tra loro, impedendo di andare contro le regole di aggregazione.

Questa logica sembra limitare le possibilità di progettazione, ma se pensiamo in termini di struttura, la crescita dell'aggregazione avviene grazie a una serie di scelte logiche e il vincolo diventa la meccanica dell'approccio combinatorio. L'aggiunta di elementi all'aggregazione avviene anche tramite la scelta dell'orientazione della geometria: le unità presenti respingono o accettano le nuove a seconda della loro orientazione. L'algoritmo permette quindi di ruotare gli elementi per unirli alla struttura nel rispetto della continuità.

Riconsiderare la produzione seriale di unità che operano secondo un approccio combinatorio produce un prodotto descrivibile come sistema non olistico, quindi generato da parti, che viene composto direttamente dall'utente.

2.2.7_polyomino, sviluppo spaziale con geometria sviluppata



2.2.8_polyomino, prototipazione in stampa 3D del modello finale





2.3_ modularità e design integrato

ALTRI ASPETTI DELLA PROGETTAZIONE

L'approccio modulare può essere inserito all'interno della progettazione architettonica a diverse scale. Come detto, è nel campo dell'ornamento architettonico, soprattutto nello studio delle superfici, che il rapporto tra architettura e modularità è stato maggiormente approfondito. Sulla falsa riga di alcuni esempi visti in precedenza, ad esempio gli studi sulla geometria dell'ornamento tipici dell'architettura araba, il design modulare viene sfruttato anche all'interno dell'architettura contemporanea, con risultati contrastanti. Va considerato che l'utilizzo di questi studi geometrici nel progetto porta benefici anche se inserito ad una scala più ampia. In un'architettura modulare, che sfrutta queste geometrie fin dai primi momenti della progettazione, viene studiato ogni elemento del sistema in modo da implementare una o uno specifico insieme di funzioni, mantenendo relazioni ben definite con gli altri blocchi. Questo approccio consente di indagare la varietà e variazione progettuale sui singoli elementi, senza dover modificare gli altri in modo da mantenere il funzionamento corretto del sistema. I vantaggi si estendono anche al campo della produzione, con la possibilità di concepire in serie alcune parti progettuali, in modo da ridurre i costi e ottimizzare il processo. Il controllo permesso dalla tecnologia su tutte le fasi di progettazione, che hanno la libertà di interagire tra loro e non venire semplicemente ordinate una dopo l'altra, permette una progettazione integrata, che parte dal globale arrivando alla minima scala di progetto. Sulla base di alcuni degli aspetti progettuali descritti, nascono le soluzioni architettoniche riportate in seguito.

2.3.1_Zamet Centre, Rijeka, Croatia, progetto 3LHD, 2007

esempio dell'applicazione di tassellazioni in architettura basato sullo standard industriale, legato solo superficialmente alla modularità: lo studio geometrico viene applicato solo al rivestimento.

Il rapporto tra tassellazioni e architettura nasce per lo studio di ornamenti e pavimentazioni, non a caso la parola 'tiling' viene tradotto letteralmente con 'piastrellatura'.

ONE WITH THE BIRDS, Penda, 2014

Il concept progettuale prevede una struttura modulare di bamboo, formata da una gabbia di poliedri a facce triangolari e facilmente ampliabile sia in senso orizzontale che in verticale. L'ispirazione deriva direttamente dai Nativi Americani e porta ad una soluzione composta da giunti con aste intrecciate, comprendendo elementi orizzontali per il supporto dei pavimenti. Il progetto propone un approccio sostenibile, grazie all'utilizzo del bamboo come materiale strutturale (naturale e locale) per la produzione di un sistema flessibile, capace di essere riconfigurato in base alle condizioni del sito progettuale. La griglia strutturale ha una profondità di 470 centimetri e un interpiano di 4 metri, dimensioni che permettono l'inserimento di diverse

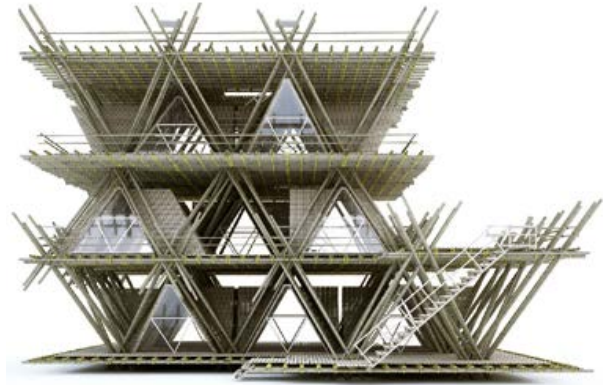
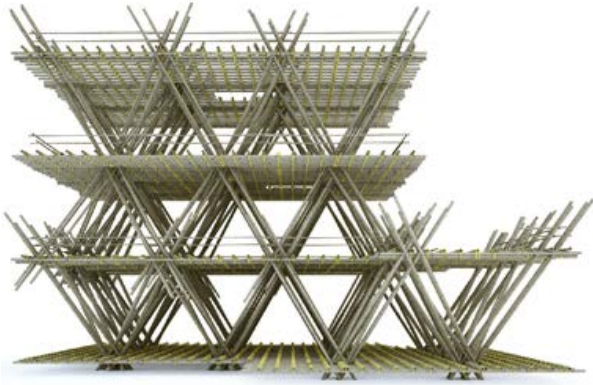


funzioni; in questo modo è possibile spaziare tra diverse tipologie architettoniche, come abitazioni, hotel, ristoranti, semplicemente moltiplicando aste e giunti nello spazio.

La flessibilità è, quindi, il punto di partenza della progettazione, che comprende la possibilità di spostare la struttura a seconda delle necessità di uso temporaneo: il design permette di adattare la struttura a diverse esigenze e situazioni, rendendola compatibile con varie casistiche progettuali.

2.3.2_One with the birds, Penda, visualizzazione renderizzata della struttura





SINGLE / DOUBLE TENT
400cm x 300 cm
12 m²

SUPERIOR TENT
400cm x 500 cm
20 m²

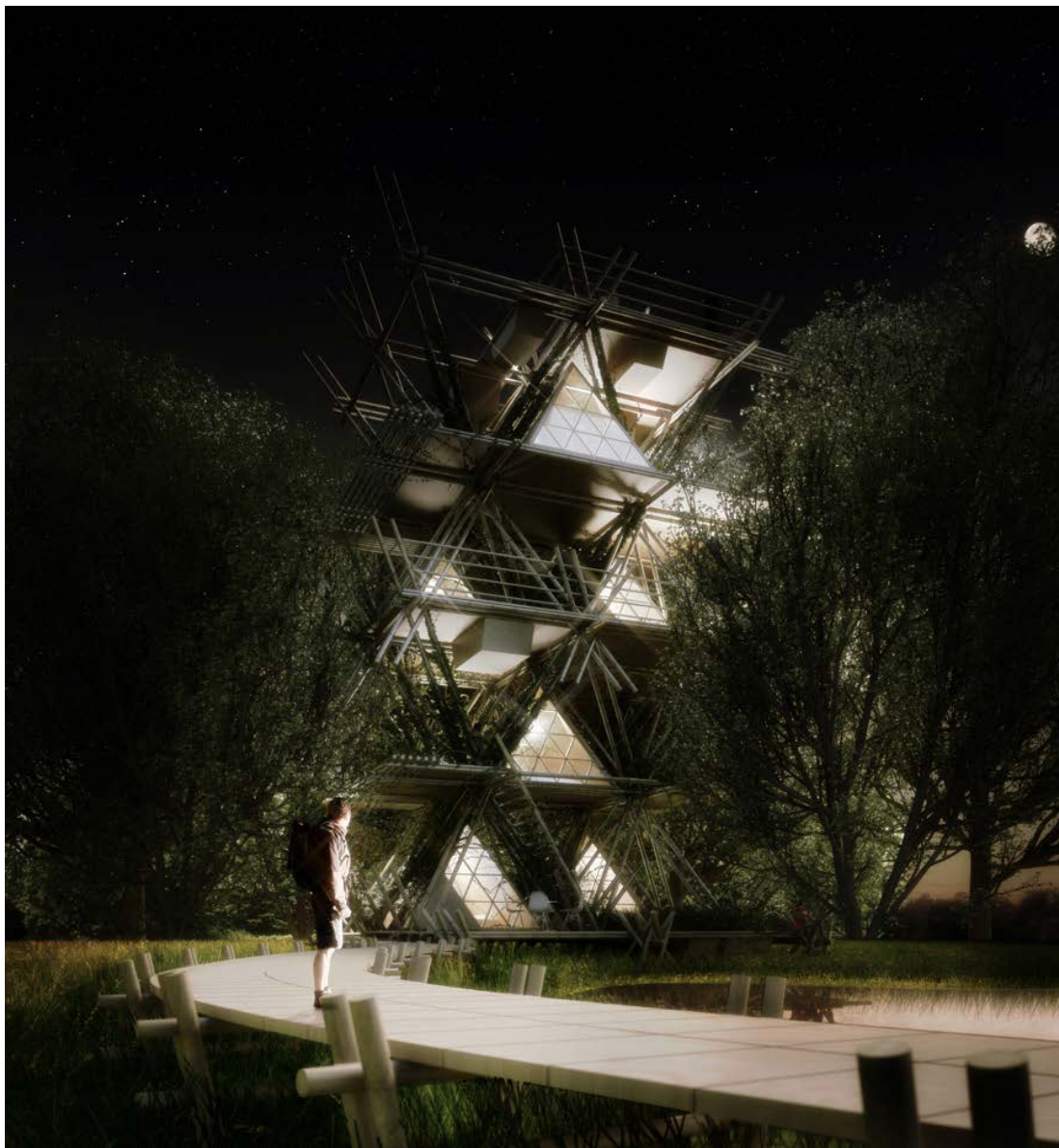
PRESIDENTIAL TENT 1st F
500cm x 1000 cm
50 m²

PRESIDENTIAL TENT 2nd F
400cm x 300 cm
12 m²

LOBBY
500cm x 2000 cm
100 m²

BATHROOM / SHOWER
400cm x 500 cm
20 m²

TOILETTE
400cm x 500 cm
20 m²



2.3.3_One with the birds, Penda, principio modulare

la struttura a griglia triangolare permette l'inserimento di moduli con varie funzioni; il sistema, per natura del materiale e della struttura, può essere esteso in ogni direzione, a seconda delle necessità.

LONDON BUS, Heatherwick studio, 2010

Ispirato al vecchio Routemaster, il nuovo bus di Londra è il primo in più di 50 anni ad essere progettato appositamente per le strade della capitale. Il design del vecchio Routemaster viene modernizzato, reso completamente accessibile e sostenibile. La soluzione finale viene realizzata mediante una progettazione a tutto tondo, con la quale si parte dal controllo degli aspetti globali fino ad arrivare alla cura dei minimi dettagli.

Viene studiata approfonditamente la circolazione interna al veicolo e in base a questa vengono composte le varie parti del bus; il nuovo design prevede infatti un veicolo più lungo di 3 metri, per poter inserire due blocchi di scale e tre porte di accesso. La circolazione interna viene sottolineata dalle vetrature, aperte attorno a tutta la forma in modo da seguire il flusso di percorsi interno al veicolo. Per minimizzare la percezione delle dimensioni del bus vengono arrotondati i bordi e gli spigoli; le finestre seguono questa linea geometrica e vengono modellate nella parte anteriore fino a toccare il pavimento, in modo da permettere al conducente di vedere al meglio il retro del bus. Le tre porte su un unico lato e i due blocchi scale sull'altro rappresentano le basi per definire, come detto, la circolazione interna, che si rispecchia nel design asimmetrico delle parti esterne. Le finestre, per seguire la circolazione interna, si sviluppano in due nastri vetrati che circondano il bus e vengono posizionate anche in corrispondenza delle scale trasformando questi spazi, generalmente chiusi e costretti, grazie all'apporto della luce.

Negli ultimi anni gli interni dei bus sono diventati sempre più caotici, ad esempio nella composizione delle sedute o dei corrimano: con questa progettazione si cerca di arrivare ad un design degli interni il più possibile coerente alla natura di questi spazi. Viene usata una semplice palette di colori e materiali per sviluppare tutti i dettagli interni, dalle nuove scale all'illuminazione, dai corrimano ai pulsanti di stop. Esempio del design studiato fino ai dettagli è la moquette che ricopre le sedute: il tessuto è caratterizzato da grande resistenza e viene disegnato con linee appositamente create.







2.3.4_london bus, Heatherwick Studio, design esterno e cura dei dettagli interni

il design per il nuovo "routemaster" di Londra si basa su studi funzionali e di circolazione. La geometria delle aperture è continua e si sviluppa con due nastri asimmetrici, seguendo i flussi di circolazione creati all'interno del veicolo attraverso le tre porte, posizionate su un lato, e i due blocchi di scale, sull'altro. Questo design è il risultato di una progettazione integrata, che parte dalla globalità delle parti fino ad arrivare alla cura dei minimi dettagli del progetto. Nelle foto a destra, il dettaglio delle fughe della pavimentazione che seguono le linee di design delle scale e lo studio del rivestimento dei sedili che riprende ancora la linea curva utilizzata per le altre parti.



L'inserimento della modularità all'interno della progettazione porta un'influenza profonda su tutte le fasi di progettazione che, come esposto in precedenza, si intrecciano tra loro, controllate grazie alle possibilità offerte dai software.

Questa collaborazione permette una progettazione integrata, che porta allo studio del design architettonico a partire dal globale e arrivando fino ai dettagli.

Gli aspetti progettuali sottolineati nella descrizione di queste soluzioni architettoniche vengono studiati e ripresi per essere inseriti all'interno del processo di progettazione descritto nei prossimi capitoli.



Principi di aggregazione

GEOMETRIA ALLA BASE DEL PROCESSO ARCHITETTONICO

3.1_rimodellazione del waterfront

3.2_la tassellazione Cairo

3.3_passaggio alla tridimensionalità

3.0



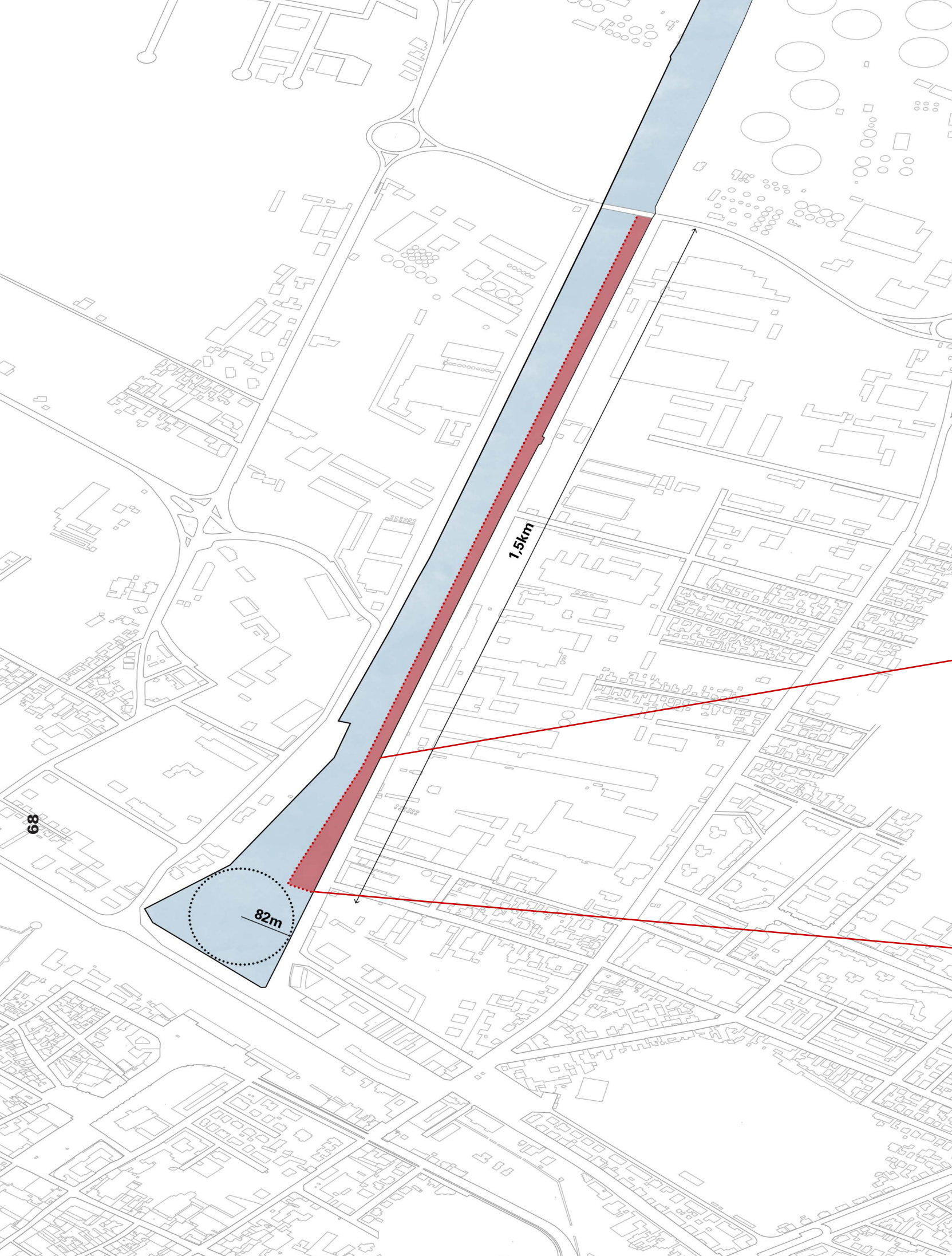
3.1_rimodellazione del waterfront

CONCEPT PER L'AREA DI PROGETTO

Sulla base della ricerca storica e dell'analisi delle problematiche dell'area di progetto, prende forma la proposta progettuale, necessaria per definire gli elementi fondamentali della soluzione architettonica più adatta alla situazione in cui si va ad agire nonché le basi per la sua realizzazione.

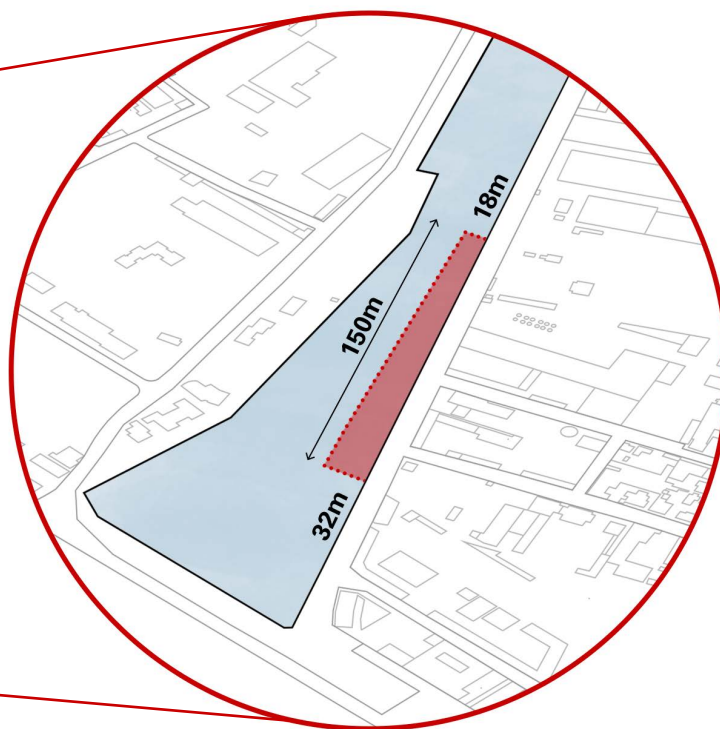
Come anticipato nei capitoli precedenti, il progetto si propone come vettore per il recupero dell'identità urbana, portando chi vive questi luoghi ad un cambio di percezione degli spazi urbani a contatto con il waterfront. L'obiettivo è ottenere un collegamento tra le aree in corso di attivazione all'interno della Darsena di città, attraverso la creazione di flussi stabili lungo gli spazi pubblici. Attraverso questo processo si riesce anche a guidare ed accompagnare il processo di attivazione stesso nel corso della sua evoluzione: gli spazi urbani di collegamento vengono messi al servizio delle aree del comparto passando attraverso una loro valorizzazione, con l'obiettivo di arrivare ad uno spazio globale di qualità. La soluzione architettonica funziona quindi come guida all'interno dei flussi di quartiere che si sviluppano, creando percorsi con attività all'interno e nuove percezioni urbane. Vengono previste le possibilità di crescita e cambiamento nel corso del tempo, a seconda delle esigenze, di posizionamento o commerciali, e delle possibilità economiche: la struttura viene progettata per essere spostata lungo le banchine con la possibilità di adattarsi e cambiare configurazione, che può solo variare o anche crescere, senza perdere l'identità propria del progetto. Il progetto viene pensato per essere indipendente dalle reti, implementando all'interno delle strutture impianti capaci di immagazzinare l'energia solare ma anche sistemi di controllo climatico importanti per risolvere i problemi del caldo estivo in una zona dominata da cemento e acqua e del clima rigido invernale.

3.1.1_foto aerea della Darsena di Ravenna, vista Sud-Ovest
(foto G. Biserni 2010)



L'acqua viene inserita alla base della progettazione, che si sviluppa mantenendola sempre come protagonista: viene pensata una 'rimodellazione' del waterfront, in modo da superare la barriera che separa gli spazi urbani dall'acqua. Questo avviene sfruttando i punti della darsena non inclusi all'interno dei flussi di navigazione ancora presenti, che vengono messi a disposizione della progettazione, con la possibilità di uscire da questi confini in ogni momento, qualora venga permesso dalla pianificazione e dall'autorità portuale.

Per l'iniziale sviluppo progettuale viene scelta la prima porzione di specchio d'acqua disponibile a partire dalla testata: l'area considerata si sviluppa lungo la banchina per circa 150 metri, spingendosi all'interno della darsena per 32 metri nella parte iniziale e riducendosi fino a 18 metri nella parte più lontana dalla testata. Proseguendo lungo le banchine, fino ad arrivare al ponte mobile, la pianificazione mantiene l'ampiezza di 18 metri per tutte queste aree libere dai flussi di navigazione, essendo costante l'ampiezza del canale (in media 70 metri). Nascerà, partendo da questi presupposti, una serie di strutture modulari, quindi per natura componibili e interscambiabili, ma anche galleggianti e mobili, posizionate sull'acqua e collegate direttamente alle aree del comparto tramite le banchine, che vengono valorizzate e dotate di nuove funzioni. Gli studi geometrici iniziali partono dalla tassellazione del piano dell'acqua, poi la soluzione modulare viene sviluppata nelle tre dimensioni mantenendo il principio di aggregazione e tiling: questa opportunità viene offerta proprio dalla barriera progettuale percepita attualmente tra waterfront e banchine.



3.1.2_scelta dell'area per l'iniziale sviluppo progettuale

la soluzione architettonica vuole essere compatibile ad ogni area del waterfront e capace di adattarsi all'evoluzione del comparto.



3.2_ la tassellazione Cairo

SCELTA E STUDIO DELLA GEOMETRIA PROGETTUALE

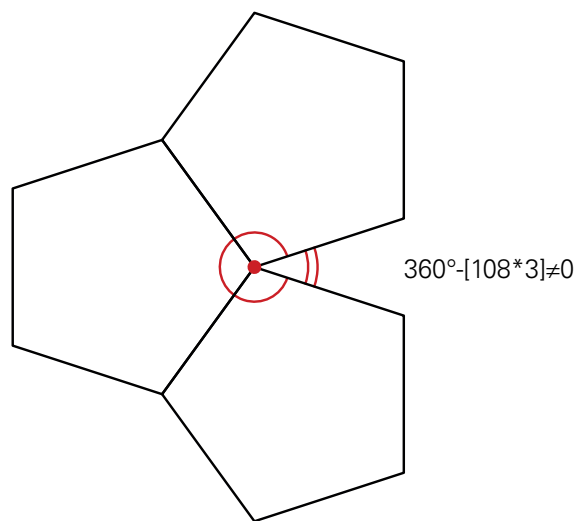
Il processo di progettazione parte dalla pura geometria piana, con la scelta di una tassellazione che possa svilupparsi all'interno dei confini individuati all'interno della darsena e studiandone le caratteristiche (in termini di principi di tiling e aggregazione).

Tra le numerose tipologie di tassellazione di un piano, si indagano le soluzioni monoedriche, cioè formate dalla ripetizione di un'unica figura di base, che non varia mai in forma o dimensione ma solo nella posizione. La ricerca si concentra sulle tassellazioni cosiddette *edge-to-edge*, in cui le figure aggregate condividono i bordi per intero (nessun tassello condivide più di un lato, nè parte di un lato, con un altro tassello); un comune muro di mattoni, ad esempio, non rappresenta un tiling edge-to-edge in quanto il lato orizzontale di ogni mattone viene condiviso con altri due, e non con uno solo. Questa scelta viene fatta proprio per l'applicazione della geometria in campo architettonico, per ottenere una configurazione regolare e adeguata. Considerando sempre configurazioni senza gap, quindi senza spazi o sovrapposizioni tra le figure, vengono scartate le soluzioni più semplici, per una questione di forma e possibilità di variazione durante lo sviluppo. Non vengono studiate, infatti, tutte le tassellazioni triangolari e quelle formate da quadrilateri, che tassellano per natura il piano senza gap in quanto la somma degli angoli interni è rispettivamente 180° e 360° , quindi metà di un angolo giro e l'angolo giro stesso.

3.2.1_American University in Cairo, Cairo, Egypt, 1965

(credits Rare Books and Special Collections Library and Archives, The American University in Cairo, Cairo, Egypt). La tassellazione Cairo prende il nome proprio dal largo uso nella composizione delle pavimentazioni della città egiziana. Questa foto è una delle prime testimonianze di uso architettonico della tassellazione Cairo.

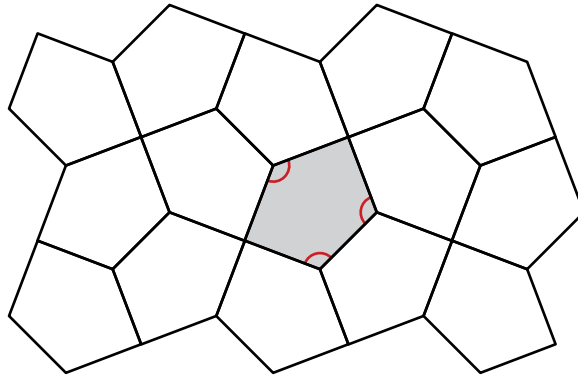
Interessante è lo studio delle tassellazioni basate sui pentagoni già oggetto di ricerca all'interno di questo campo in tempi relativamente recenti. La somma degli angoli interni di un pentagono è di 540° (data dalla formula $180^\circ \cdot [n-2]$, dove n è il numero di lati del poligono): da qui si evince che un pentagono regolare non può tassellare il piano all'infinito senza gap, poichè l'angolo interno di 108° non è un sottomultiplo dell'angolo giro. Attraverso gli studi sulle tassellazioni pentagonali sono stati elencati, però, 15 tipologie di pentagoni non regolari in grado di comporre una tassellazione monoedrica del piano. Le prime 5 tipologie vengono pubblicate da Reinhardt nel 1918, la più recente, invece, viene scoperta nel 2015 e non è ancora chiaro se la lista sia o meno completa. Alcune tipologie di pentagoni permettono un cambio di forma delle figure, mantenendo il principio di tiling che li definisce: queste libertà includono la variazione degli angoli interni e della lunghezza dei lati, pur rimanendo entro certi limiti. Per lo studio progettuale viene scelta la tassellazione pentagonale denominata 'Cairo', indagata da Percy Alexander MacMahon nel 1921, e pubblicata all'interno del libro *"New Mathematical Pastimes"*. La configurazione assume, nel corso degli anni, questa denominazione poichè riconosciuta in numerose strade della città egiziana, che sono pavimentate secondo questa geometria. Il principio di aggregazione permette la variazione di angoli e lati, con la possibilità di ottenere, ad esempio, un pentagono con tutti lati uguali; è permessa anche la variazione di lati e angoli in altri modi, purchè si mantenga sempre una coppia di angoli retti disposti simmetricamente.



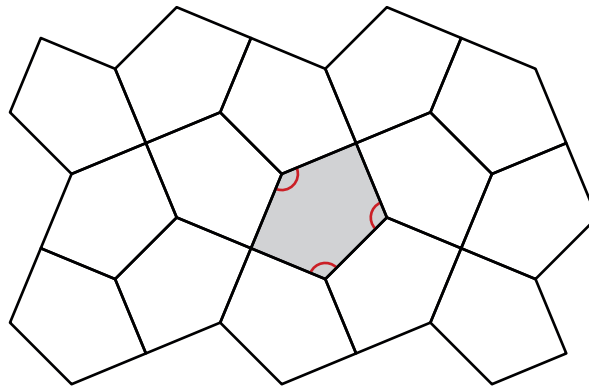
3.2.2 il caso del pentagono regolare

non è possibile comporre una tassellazione del piano utilizzando un pentagono regolare; gli angoli non possono comporre un angolo giro.

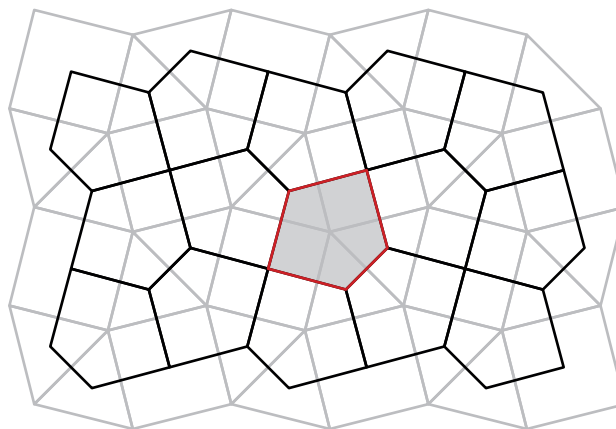
Pentagono equilatero ($114^{\circ}18'_{-}131^{\circ}24'$)



Redondo e Reyes, Cordovan ($112.5^{\circ}_{-}135^{\circ}$)



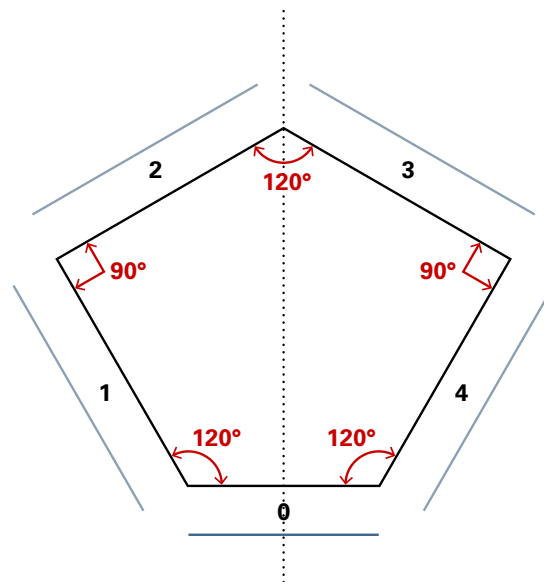
Duale della tassellazione 3-3-4-3-4 (120°)



3.2.3_variazioni della tassellazione pentagonale "Cairo"

le proprietà geometriche definiscono la scelta della figura progettuale (duale 3-3-4-3-4) in base alle possibilità di applicazione architettonica.

All'interno di questo range di possibilità viene scelta la configurazione con 4 lati uguali su 5, due angoli di 90° non adiacenti e tre di 120° , quindi simmetrica rispetto ad un asse. La tassellazione basata su questa figura geometrica presenta come tiling duale (costruzione geometrica costruita collegando i centri di ogni tassello) un'altra tassellazione: questa geometria è uniforme e del tipo (3,3,4,3,4), cioè con un quadrato, due triangoli equilateri, un quadrato, un triangolo equilatero intorno a ogni vertice. Queste due tassellazioni costituiscono la base geometrica del progetto architettonico, scelte principalmente per il buon compromesso che offrono tra la regolarità



3.2.4_sopra, la tassellazione scelta

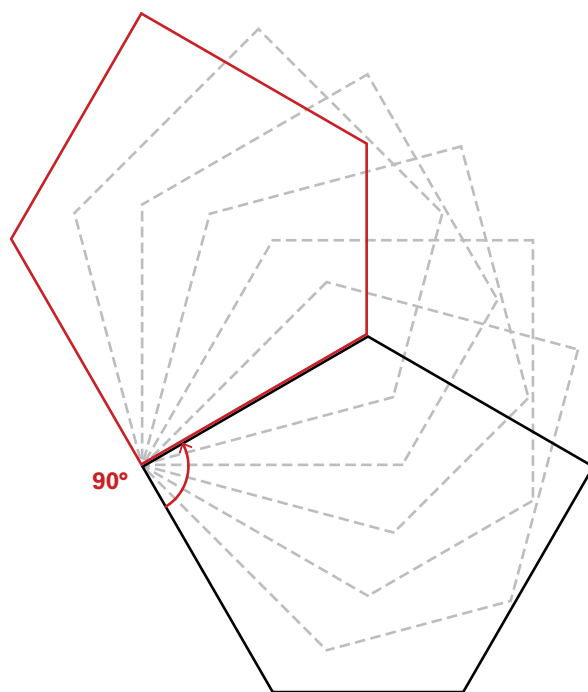
la figura è simmetrica rispetto all'asse verticale e si muove ruotando.

Lati: $0 \neq 1 = 2 = 3 = 4$

Angoli: $120^\circ, 90^\circ, 120^\circ, 90^\circ, 120^\circ$

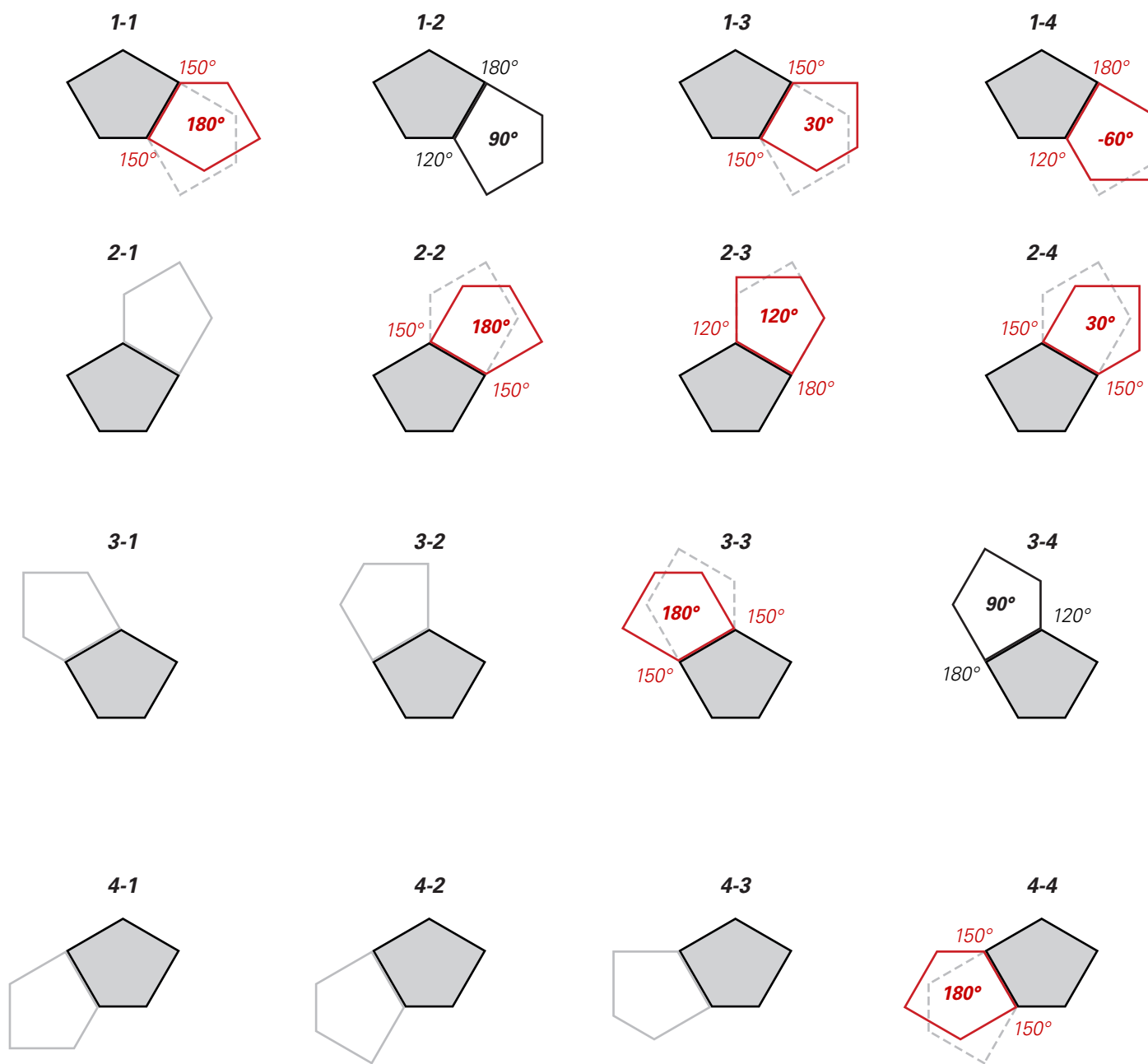
degli angoli e il numero di lati uguali (quindi accoppiabili).

La composizione parte dal singolo pentagono, attorno al quale vengono posizionati altre figure uguali (in quanto la tassellazione è monoedrica), rispettando il principio di tiling edge-to-edge e l'assenza di gap e sovrapposizioni tra le figure. In particolare la figura singola viene duplicata e ruotata con angoli multipli di 90° , in questo modo si ottiene un posizionamento sempre coerente con la tassellazione, che permette la crescita e il riempimento del piano all'infinito. Per geometria i 4 lati uguali comunicano tra loro (la posizione è definita dalla rotazione) mentre il lato più corto comunica solo con se stesso.



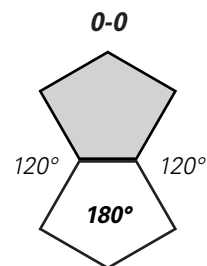
3.2.5 principi di tiling

funzionamento del tiling Cairo, l'aggregazione prevede una rotazione della stessa figura di un multiplo di 90° . Questo produce una aggregazione dei moduli nel piano senza gap tra le figure (vd. 3.2.3).

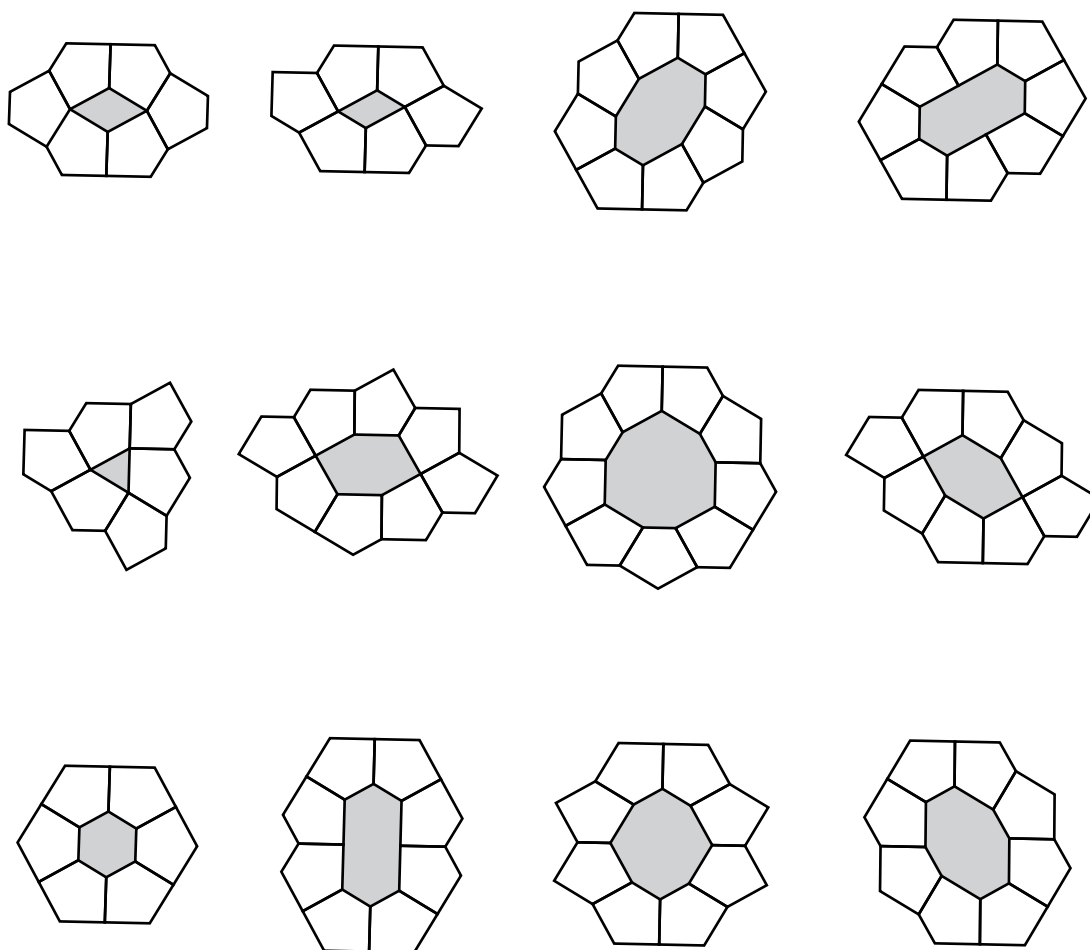


3.2.6_studio del gap tra le figure

in rosso vengono rappresentate le geometrie che derivano dalla considerazione del gap, in nero le configurazioni tipiche della tassellazione Cairo, in grigio quelle ripetute. La variazione del tiling classico prevede l'aggregazione delle stesse figure ma con rotazioni diverse dai multipli di 90° . In questo modo possono comunicare tra loro i 4 lati uguali, con ogni tipologia di configurazione; i lati corti continuano a comunicare solo tra loro, per non compromettere la modularità. Importante lo studio degli angoli esterni che si creano, per capire lo sviluppo successivo e studiare il gap.



Avendo chiaro il comportamento geometrico dell'aggregazione, viene introdotta ed indagata una variazione all'interno delle regole di tiling: questo studio ha l'obiettivo di introdurre del gap controllato all'interno della tassellazione, in modo di mantenere la continuità dell'aggregazione nel piano anche con spazi tra le figure. Viene permesso ai lati delle figure di comunicare con ogni lato della stessa lunghezza (quindi tutti i lati uguali possono comunicare tra loro, mentre il lato corto comunica sempre e solo con se stesso), limitando, però, le configurazioni che non permettono un valido proseguimento nella crescita successiva dell'aggregazione: aggregare un tassello in una certa posizione significa anche decidere le possibilità di attacco successive, che devono essere coerenti con i principi di modularità e tiling. Inserire queste variazioni significa prevedere dei 'vuoti' controllati anche all'interno della configurazione architettonica finale. Per questioni di applicazione al caso reale, lo studio del gap si ferma a figure che si chiudono nel breve spazio, in caso contrario non sarebbe possibile una tassellazione continua all'interno dell'area scelta.

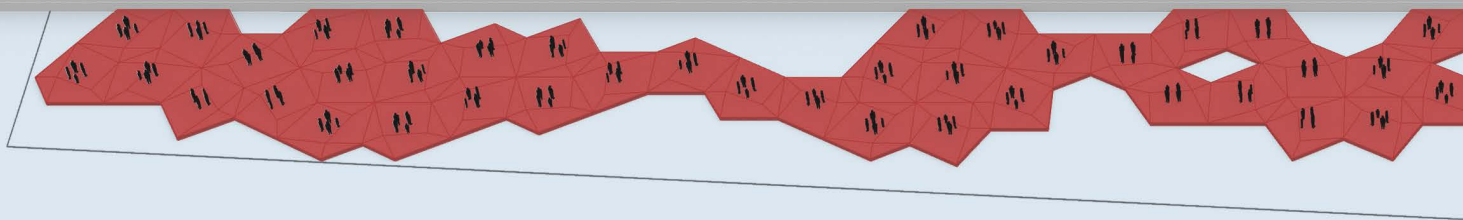


3.2.7_ forme utilizzabili per il gap tra le figure

risultati ottenuti dallo studio del gap all'interno della tassellazione; vengono mantenute solo le soluzioni adatte alla scala di progetto, capaci di chiudersi in spazi brevi.

L'inserimento all'interno del caso reale comporta il confronto tra le dimensioni del singolo modulo e le dimensioni dell'area di progetto. Vengono considerate dimensioni comprese tra 5 e 10 metri per il lato lungo del pentagono e indagati i possibili sviluppi dell'aggregazione. Per garantire la possibilità di avere numerose possibilità di sviluppo, viene scelto un modulo da 6 metri di lato che corrisponde a una superficie di 54mq sul singolo modulo: un buon compromesso tra dimensione architettonica degli elementi della tassellazione e possibilità di sviluppo e variazione.

A questo punto vengono indagate le possibili configurazioni: il punto di partenza è sempre la linea retta della banchina alla quale un lato di un modulo deve corrispondere (per avere la giusta connessione), poi si prosegue nella costruzione della tassellazione in modo da poter tornare a far combaciare un lato di un modulo con la linea della banchina. Come detto, l'aggregazione considera dei punti di gap al

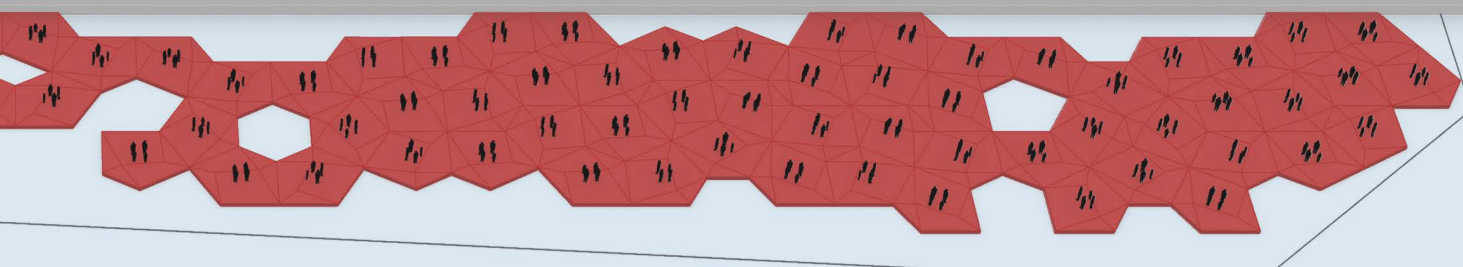


suo interno, che rendono possibili delle variazioni del verso della tassellazione Cairo, grazie alle quali si creano maggiori possibilità di ottenere risultati dinamici che mantengano sempre il giusto rapporto con la parte fissa a cui si attaccano, rimanendo sempre coerenti al contesto in cui vengono inseriti.

3.2.8_applicazione della tassellazione all'area di progetto

la tassellazione, inserita all'interno dei limiti imposti inizialmente, si sviluppa considerando il gap tra le figure ma mantenendo sempre il principio di tiling della figura "Cairo".

Si notano le variazioni nella configurazione della tassellazione Cairo, introdotti grazie all'uso del gap, che consentono maggiore dinamicità e numerose possibilità di riconfigurazione, garantendo l'adattamento al contesto di inserimento che può variare.





3.3_passaggio alla tridimensionalità

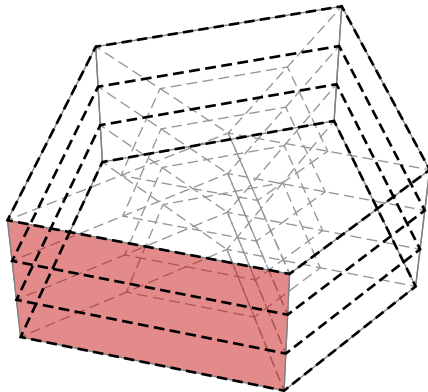
MINIMA VARIETA', MASSIMA DIVERSITA'

Lo studio geometrico, che porterà alla rimodellazione dei lati della darsena, si sviluppa sfruttando quella che al momento viene percepita come barriera progettuale; il confine tra la banchina e lo specchio d'acqua presenta, infatti, un dislivello verticale caratterizzato da un'altezza che varia al variare della marea. Proprio questo dislivello libero sul waterfront ci consente di passare allo studio della tassellazione in 3D, mantenendo i principi di aggregazione, quindi di sviluppo, propri della geometria studiata nel piano. Anche questo passaggio progettuale viene fatto all'interno del campo puramente geometrico, ed è finalizzato alla realizzazione di una serie di tipologie modulari che siano in grado di formare il maggior numero di combinazioni possibili con riducendo al minimo le tipologie di moduli; questo viene definito 'principio di minima varietà e massima diversità', che guiderà questa fase di progettazione portando alla nascita delle tipologie funzionali.

Studiare una tassellazione tridimensionale come base per una soluzione architettonica impone di tenere presente alcuni concetti: la struttura viene pensata principalmente per permettere la creazione di percorsi spaziali componibili e riassemblabili, derivati proprio dall'aggregazione dei moduli tridimensionali, che devono essere in grado di comunicare tra loro in ogni modo li si voglia combinare, per arrivare alla definizione di flussi stabili all'interno dell'area.

3.3.1_vista sulla porzione di darsena scelta per lo studio

In evidenza il dislivello tra banchine e livello dell'acqua, che viene sfruttato in positivo per il passaggio allo studio della tassellazione nelle tre dimensioni.



La creazione delle tipologie modulari parte dalla definizione di una 'gabbia' di costruzione, che nasce dall'estrusione della figura geometrica base della tassellazione Cairo e da una serie di linee contenute all'interno di questo spazio: le linee derivano dal tiling duale e dal collegamento dei vertici del pentagono, intersecate con l'offset unitario del pentagono stesso.

Questa intersezione individua una serie di vertici che vengono usati per la composizione delle superfici tridimensionali all'interno della gabbia. Le tipologie modulari vengono studiate, in questa fase, rimanendo in un campo puramente geometrico, disegnando superfici nello spazio che siano in grado di formare mesh chiuse all'interno del software di progettazione e senza limitare le possibilità spaziali pensando a possibili strutture.

Il principio di tiling studiati sul piano si basavano sulla coincidenza del bordo condiviso tra due moduli: il passaggio alla tridimensionalità comporta l'estrusione verticale di questo bordo e la conseguente evoluzione del principio di tiling, che ora si basa sull'impronta delle figure sul piano verticale.

Viene definito qui un vincolo di simmetria locale, stabilendo che i moduli combaciano e possono essere aggregati se presentano impronte uguali sul piano di giunzione. Mantenere la coincidenza di questa impronta significa, quindi, non andare contro ai principi di modularità e tiling definiti dalla tassellazione Cairo. Per rimanere entro questi vincoli, le superfici del modulo non devono necessariamente essere singole, ma possono essere composite, purché si mantenga la coincidenza dell'impronta sul piano di accoppiamento.

La ricerca si sviluppa indagando le possibilità di articolazione 3D dell'aggregazione e, come detto, di creazione di percorsi continui riassemblabili: la gabbia viene articolata per questi motivi su 4 livelli, divisi sulla verticale da altezze di 1 metro. Questa distanza viene decisa per rendere le superfici inclinate compatibili con la percentuale di pendenza adatta a percorsi percorribili.

Il principio di minima varietà impone anche di indagare la possibilità di

3.3.2 la 'gabbia' per lo studio delle tipologie modulari

per passare ad una tassellazione 3D viene studiato il comportamento delle impronte verticali estruse dai lati del modulo; le impronte a contatto devono essere coincidenti per mantenere la modularità.

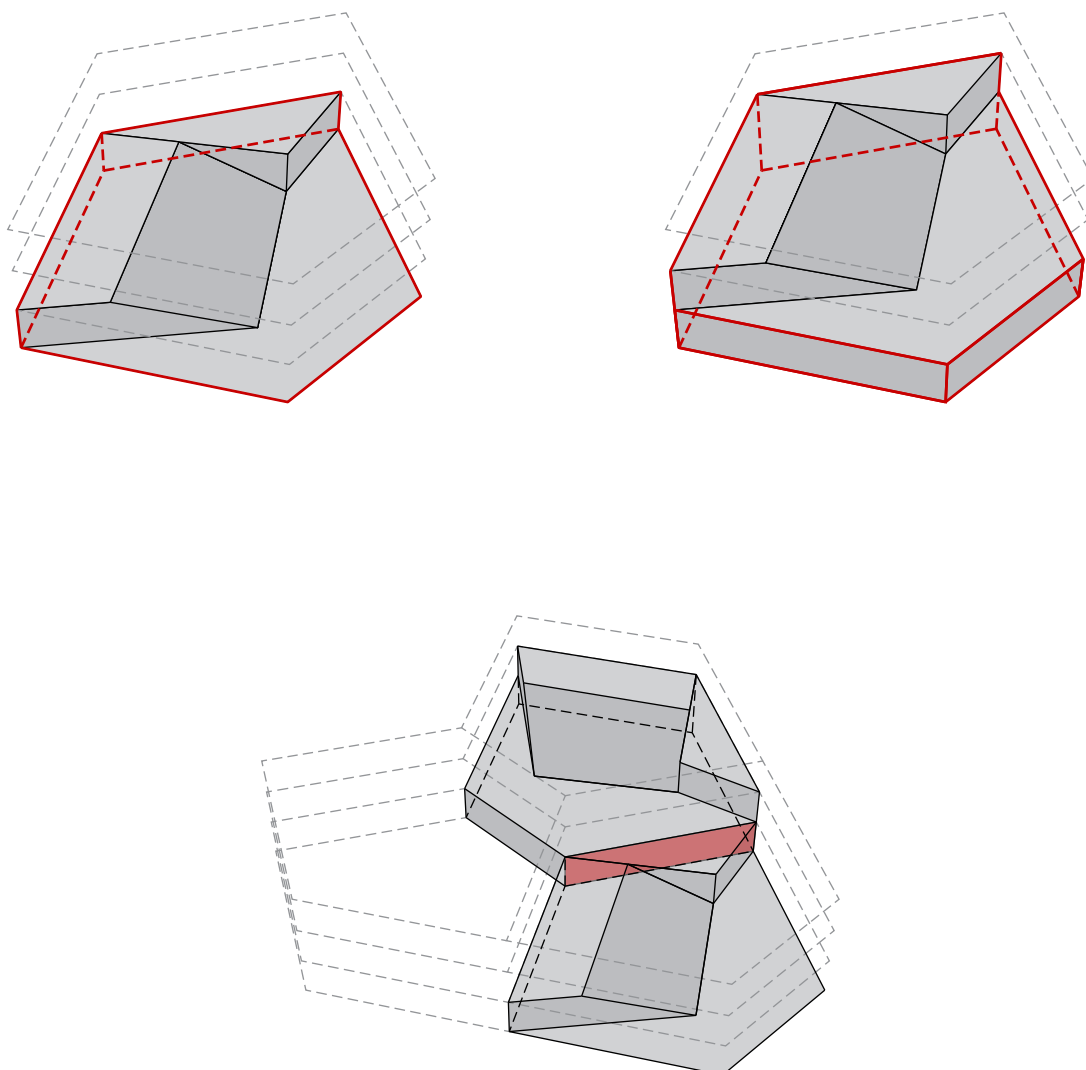
Dalla pianta "Cairo" viene costruita una gabbia verticale, divisa in altezza in 4 step, con la quale si studiano le superfici interne al modulo e le loro impronte sui piani di contatto.

far comunicare un modulo con se stesso: questo significa comporlo in modo che la figura, ruotata secondo il principio di aggregazione, produca impronte coincidenti sul lato di contatto. Questo è possibile sfruttando la rotazione tipica delle regole della tassellazione Cairo, ruotando quindi l'impronta attorno ad uno dei vertici del pentagono che presentano angoli retti, gli stessi vertici attorno ai quali vengono ruotate le figure nella tassellazione in pianta.

Fin dall'inizio vengono indagate le tipologie modulari necessarie a creare una sufficiente articolazione all'interno dell'aggregazione: è necessario in primis utilizzare un modulo piatto, adatto a spazi sfruttabili architettonicamente, al quale vengono affiancati due tipologie con compiti di collegamento tra le altezze. Analizzando il caso reale di applicazione, viene pensato un modulo di partenza piatto sul livello dell'acqua ed un livello rialzato di 3 metri rispetto a quest'ultimo, in modo da creare un passaggio coperto tra i due livelli. I moduli di collegamento vengono pensati per assumere due configurazioni: la prima sposta il piano di calpestio di un metro (verso l'alto o verso il basso a seconda del lato con cui viene aggregata), la seconda di 3 metri, per un collegamento più 'veloce'.

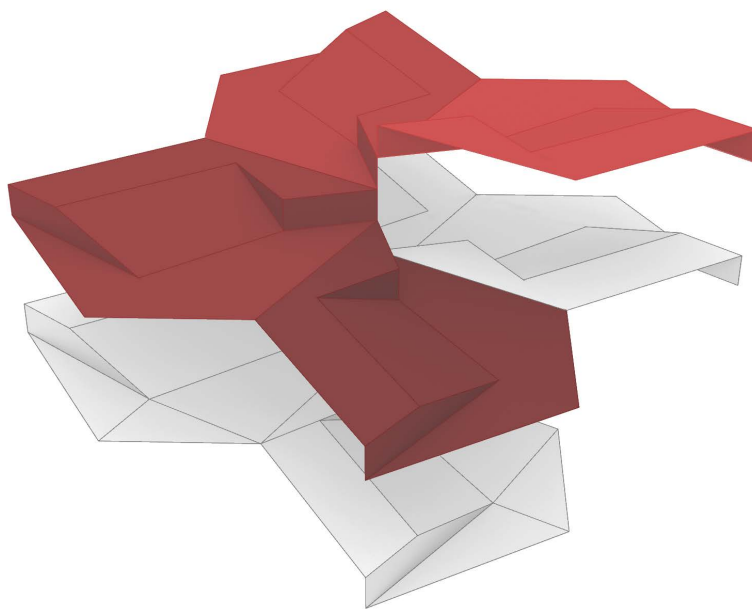
Per ottenere maggiori possibilità di variazione all'interno dell'aggregazione, vengono mantenute rettilinee le impronte sui piani di contatto, in modo che ogni lato possa continuare a comunicare con qualsiasi altro lato.

Il funzionamento delle tipologie di connessione viene definito proprio dall'altezza dei lati di contatto: sfruttando la simmetria, i due lati posizionati tra gli angoli di 90° vengono rialzati di un metro, mentre gli altri 3 rimangono sul piano. Con questo perimetro, che presenta quindi tutti lati rettilinei, vengono modellate le superfici interne, per creare il vero e proprio collegamento. Questa configurazione permette di sfruttare il principio dell'elicoide per comporre i percorsi: se considero il modulo che sposta il piano di calpestio di un metro, posso ruotarlo attorno all'angolo di 90° e traslarlo, in alto o in basso a seconda del senso di rotazione, di un metro, ottenendo la coincidenza delle impronte; se continuo l'aggregazione dei moduli con questo metodo, ottengo un sistema che si muove ad elica nello spazio, sfruttabile per creare variazione all'interno della composizione dei percorsi, arrivando a creare dei piani intermedi (uno per ogni metro in altezza grazie alle parti piane dei moduli di collegamento) in aggiunta a quelli fondamentali da cui parte lo studio.



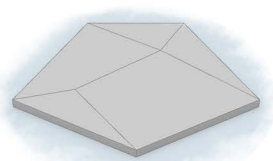
3.3.3_aggregazione del modulo di collegamento

le superfici vengono studiate mantenendo lineari le impronte di collegamento: in questo modo ogni lato può comunicare con gli altri della stessa lunghezza. L'aggregazione si sviluppa sfruttando gli stessi principi usati nella tassellazione Cairo sul piano ma aggiungendo un eventuale spostamento in verticale.

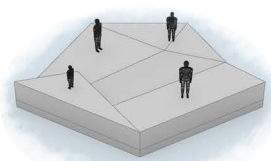


3.3.4 principio dell'elicoide

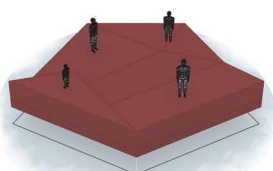
studio dell'aggregazione maggiormente utilizzata nella composizione dei percorsi. Lo stesso modulo, in questo caso quello che alza il piano di calpestio di 1 metro, viene ruotato più volte e aggregato: si forma un percorso ad elica proprio per questa ripetizione. In rosso la configurazione base, in grigio la stessa configurazione che si ripete garantendo continuità.



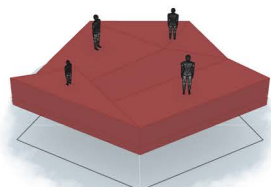
A_0m



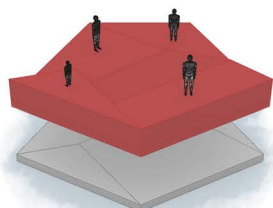
B_0m → 1m



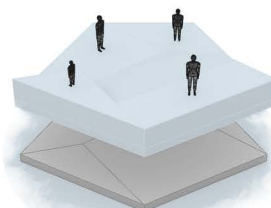
B_1m → 2m



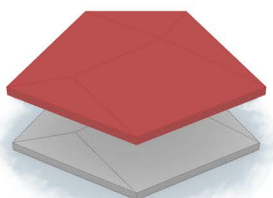
B_2m → 3m



A_0m + B_3m → 4m



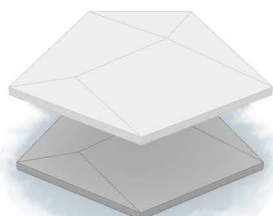
A_0m + B_3m → 4m



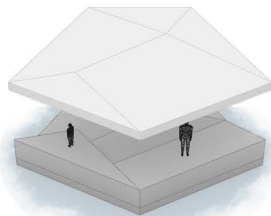
A_0m + A_3m



C_0m → 3m



A_0m + A_4m



B_0m → 1m + A_4m

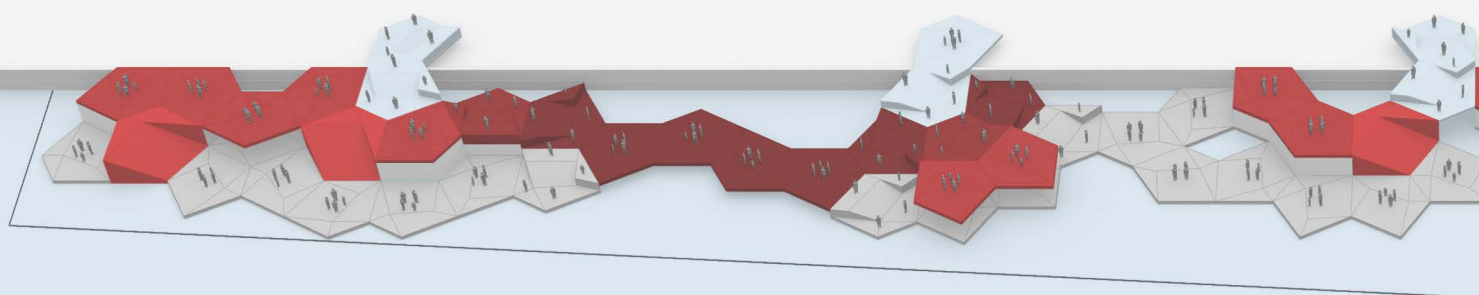
3.3.5_abaco delle tipologie modulari

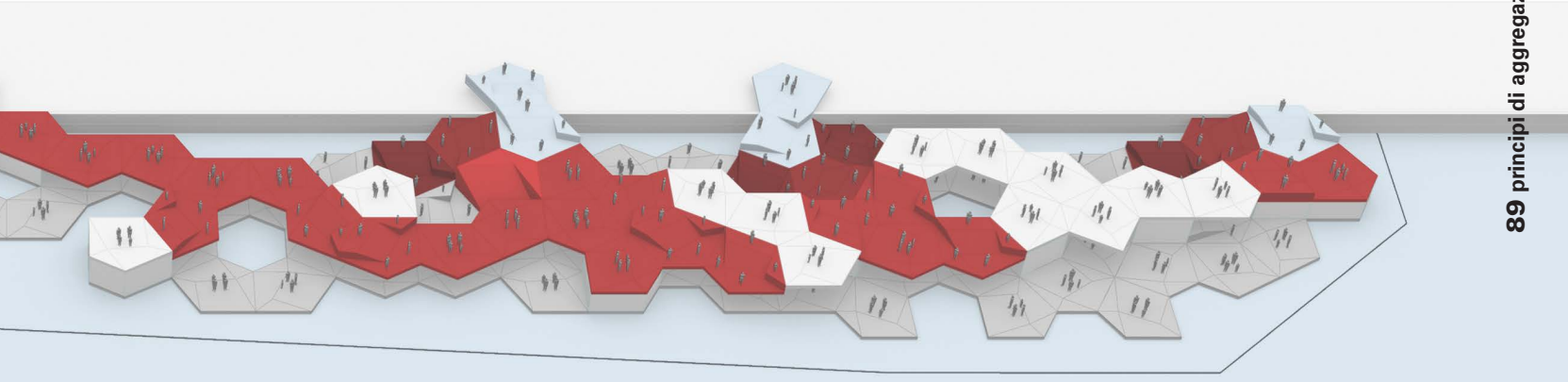
dallo studio descritto in precedenza si ricavano 3 tipologie modulari: modulo piatto, modulo di collegamento tra piani di calpestio di 1metro, modulo di collegamento tra piani di calpestio di 3 metri. Combinando queste tipologie all'interno dello spazio pentagonale della gabbia, si ricavano 10 combinazioni, per un'aggregazione che rispetta il principio di minima varietà e massima diversità.

3.3.6 prova di aggregazione dei moduli tridimensionali

esempio di una delle possibili applicazioni della tassellazione 3D all'interno dell'area di progetto. In questa configurazione vengono sperimentate diverse possibilità spaziali per la creazione di numerose possibilità di articolazione dei percorsi.

La colorazione dell'infografica permette di individuare l'altezza dei moduli all'interno dell'aggregazione: in grigio scuro il piano direttamente appoggiato sullo specchio d'acqua, una scala di rossi identifica i moduli di collegamento (il più scuro è posizionato più in basso) e in grigio chiaro i moduli più alti.





Il progetto architettonico

DESIGN DELLE FORME E DELLE STRUTTURE

4.1_yacht design e vetroresina

4.2_stabilità e galleggiamento

4.3_studio dello scafo

4.4_il sistema di aggancio

4.5_il problema della marea

4.6_design delle strutture verticali

4.7_studio delle strutture interne

4.8_design dei percorsi

4.9_abaco delle tipologie modulari

4.10_applicazione reale



4.1_yacht design e vetroresina

PROGETTAZIONE INTEGRATA CON MATERIALI COMPOSITI

A partire dal settore dell'industria aeronautica fino ad arrivare a quella navale e automobilistica, l'evoluzione tecnologica ha sempre influito profondamente sui metodi di design e produzione.

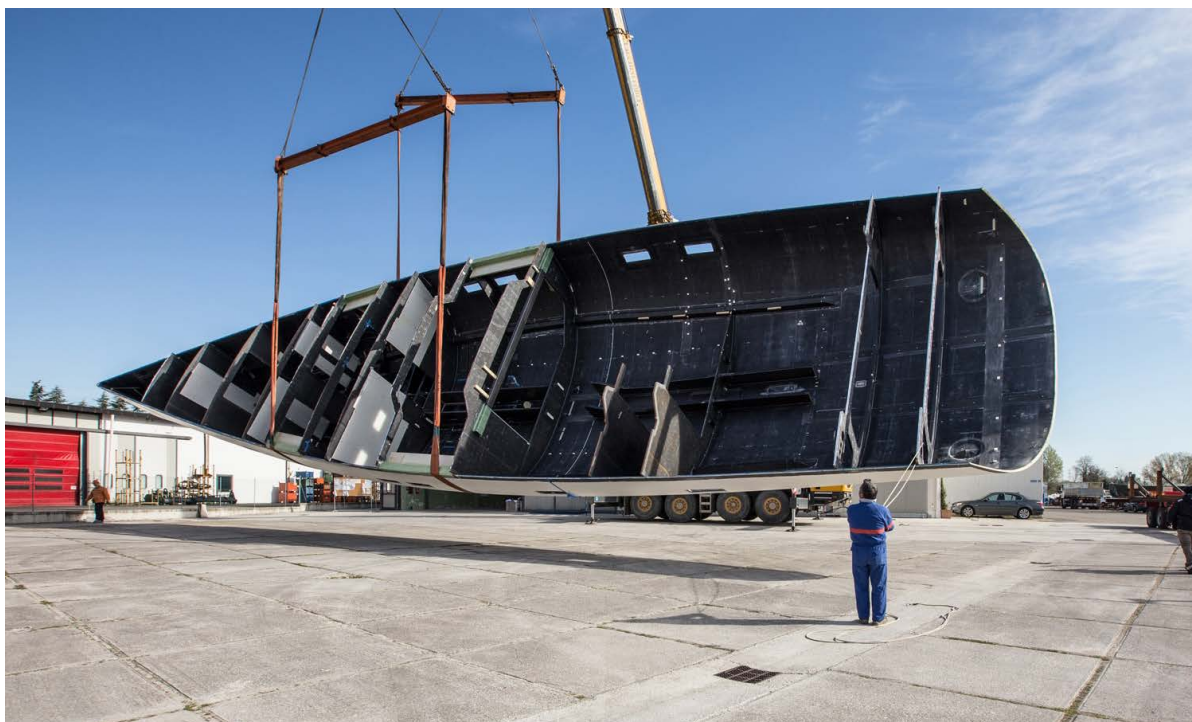
L'uso dei moderni computers e di software specifici garantisce un elevato controllo di tutte le parti progettuali, permettendo di sperimentare nuove soluzioni in ogni fase progettuale, dal design della forma, alla struttura, alla produzione, senza perdere mai il controllo dei cambiamenti sui vari processi.

Questa influenza è assimilabile a quella prodotta dall'uso della prospettiva nell'architettura rinascimentale, portando a nuove forme di progettazione: oggi il lavoro dei software permette il controllo totale sulle fasi di progetto arrivando a soluzioni architettoniche fluide e organiche. Un esempio è quello delle forme curve, sempre più inserite all'interno delle soluzioni progettuali, proprio per la garanzia di poterle controllare al meglio. Questo tipo di approccio è permesso anche dalla possibilità di sfruttare le proprietà dei nuovi materiali, caratterizzati da un ottimo rapporto tra resistenza, leggerezza e lavorabilità.

Primi tra questi sono i materiali compositi, costituiti da più materiali semplici combinati tra loro; i materiali costituenti prendono nomi diversi a seconda della loro funzione: in particolare distinguiamo la matrice, che garantisce la coesione del materiale, e il rinforzo, che assicura rigidità e resistenza meccanica e viene disperso all'interno della matrice. La richiesta di questo tipo di materiali viene proprio da quei settori, citati in precedenza, dove è necessario soddisfare le esigenze di basso peso e elevate caratteristiche meccaniche.

4.1.1_design, performance, tecnologia: Wally 110, 2016

vista sulla forma della prua; questo yacht di 33m combina le moderne linee dello yacht design con i massimi livelli di performance.



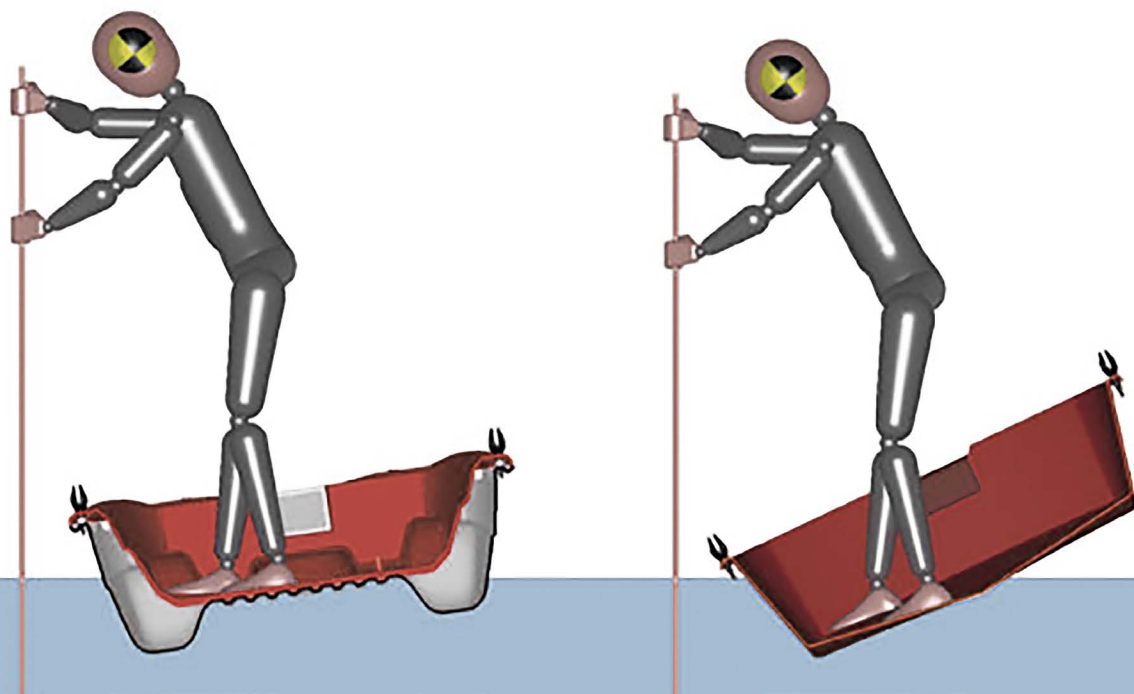
4.1.2_design, performance, tecnologia: Wally 110, 2016

foto dello scafo in fase di costruzione: i setti interni, gli attacchi tra le parti e le curvature della forma di questo scafo sono stati studiati a fondo per il design di questo progetto.

Su questa linea di ragionamento possiamo seguire il percorso evolutivo fatto dallo yacht design, in origine basato sull'uso del legno (materiale composto da fibre e resistente a certi tipi di sollecitazioni) e passato all'uso dei materiali compositi, in particolare della vetroresina, ampiamente studiata e sperimentata.

E' attorno agli anni '50 che prende piede l'uso di questo materiale, interessante per l'elevata resistenza agli agenti atmosferici, la resistenza alla corrosione in ambienti basici come l'acqua marina, e la scarsa conduttività elettrica; proprietà combinate ad eccellenti doti di leggerezza, solidità e resistenza. Normalmente la vetroresina è composta da resine termoindurenti, attivate con dei catalizzatori, nelle quali vengono annegati tessuti composti da fibre di vetro intrecciate: la percentuale di resina usata è inevitabilmente alta, poichè la posa a mano non permette un buon controllo delle quantità. Da questo punto di vista, la ricerca sta portando a nuove soluzioni nel campo della produzione: ad esempio il metodo sottovuoto permette di ottenere un'alta percentuale di materiale resistente (60-70%) all'interno del composito, riducendo la quantità di matrice, quindi diminuendo il peso e aumentando le prestazioni. Vengono studiati sempre più anche materiali alternativi alla vetroresina (come lo era la vetroresina stessa per il legno), arrivando ad ottenere performance sempre più soddisfacenti, combinate a leggerezza e massima lavorabilità: esempi li troviamo nei compositi in fibra di carbonio, in kevlar o altri tessuti ibridi. La continua ricerca e le modalità in cui questi materiali possono essere lavorati permettono possibilità di forma quasi infinite, arrivando ad una larga applicazione anche in campo architettonico.

In questo progetto viene scelta la vetroresina come materiale base, studiata sulla base dell'applicazione nello yacht design, essendo anche un materiale largamente prodotto vicino all'area di progetto. La resistenza all'ambiente marino, e gli studi approfonditi in termini di forme di galleggiamento con questo materiale sono sicuramente il primo motivo di scelta: quello che interessa sono le forme, i profili, i materiali, ed i principi che stanno a monte del design. La vetroresina permette lo studio di forme particolari, con l'uso di strutture a guscio in cui la resistenza meccanica è data proprio dalla forma studiata e dalle proprietà del materiale. Le diverse parti della struttura dei moduli vengono pensate esattamente come viene pensata un'imbarcazione: dallo scafo alle coperte, dagli irrigidimenti interni all'attacco tra le varie parti. Inoltre, il largo studio fatto su questo materiale garantisce una perfetta conoscenza delle proprietà meccaniche e fisiche, permettendo un inserimento cosciente all'interno dello studio progettuale.



4.2_ galleggiamento e stabilità

APPLICAZIONE DELLE NOZIONI AL PROGETTO ARCHITETTONICO

L'area considerata per lo studio e le scelte progettuali fatte impongono un approfondimento su alcune nozioni di geometria del galleggiamento, statica della nave e architettura navale, che saranno applicate per lo studio della soluzione architettonica. Si definisce galleggiante, un corpo delimitato da una superficie chiusa e continua (cioè tale che si possano utilizzare i metodi dell'analisi matematica), che in condizioni d'equilibrio è attraversato dalla superficie libera di un fluido. La nave è un galleggiante che per forme, dimensioni, sistemazioni è adatto a muoversi sulla superficie dell'acqua con sufficiente sicurezza, con una certa velocità, secondo percorsi stabiliti da chi la manovra e che deve rispondere alle esigenze richieste dallo scopo per cui è stata costruita.

Il galleggiamento dei corpi immersi in un liquido dipende dalla densità del materiale dell'oggetto e dalla densità del liquido in cui viene immerso. Il corpo galleggia grazie alla spinta idrostatica, o spinta di Archimede, scoperta dal matematico e fisico siracusano e descritta da Galileo Galilei. Il principio stabilisce che un corpo immerso in un fluido riceve una spinta dal basso verso l'alto di intensità pari al peso del volume di fluido spostato; la spinta idrostatica si applica al baricentro della massa di fluido spostata, chiamato centro di carena, la cui posizione dipende dalla forma del corpo, ed è diretta, nella quasi totalità dei casi, verso il pelo libero dell'acqua. La forza peso, come in altri campi, viene sempre applicata nel baricentro del corpo. L'equilibrio di un corpo che galleggia si raggiunge, quindi, se la forza di Archimede è uguale e opposta alla forza peso.

Un esempio pratico è quello della nave che, anche se costruita con materiali pesanti, essendo vuota (o meglio, piena d'aria), occupa un volume complessivo di materia (aria, acciaio, plastica, legno e quant'altro compone una nave) che ha un certo peso; siccome lo stesso volume di sola acqua ha un peso maggiore, la nave riceve una spinta verso l'alto che ne permette il galleggiamento.

4.2.1_confronto del galleggiamento di due scafi

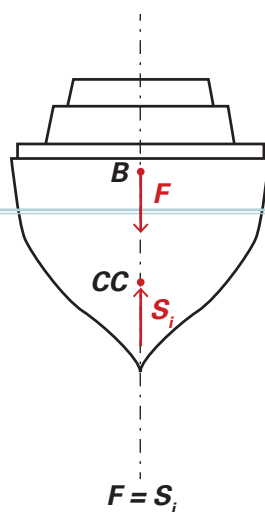
la forma della figura immersa e il posizionamento del baricentro sono fondamentali per gli studi di stabilità e galleggiamento.

Parlando di scafi, con il termine dislocamento si definisce il peso del volume dell'acqua spostata, che, come detto, per il principio d'Archimede è uguale al peso della nave stessa; il dislocamento, quindi, rappresenta il peso di una nave e può variare secondo le condizioni di caricamento. Questo valore determina anche la quantità di peso che è capace di sorreggere una nave, permettendo di conoscere i valori di affondamento corrispondenti alle variazioni di peso.

A differenza dei corpi totalmente immersi, se si inclina un corpo parzialmente immerso varia la forma della parte immersa e, di conseguenza, la posizione del centro di carena; la configurazione si sposta dalla posizione di equilibrio (quindi la forza peso e la spinta idrostatica non agiranno più sulla stessa retta), ad una posizione in cui la coppia di forze genera un momento che fa ruotare lo scafo; questa sollecitazione può assumere due configurazioni: se la coppia di forze tende a far ribaltare lo scafo il momento viene definito ribaltante, mentre se tende a farlo tornare nella posizione di equilibrio allora è il caso del momento stabilizzante. La casistica specifica viene individuata dalla posizione del metacentro, definito come il punto di incontro tra la retta di applicazione della spinta idrostatica (sempre verticale) e il piano di simmetria della sezione dello scafo: su questa linea di simmetria, il metacentro deve sempre sovrastare il baricentro, per essere in presenza di un momento stabilizzante; in particolare, lo scafo guadagna in stabilità se allontanano il più possibile metacentro e baricentro, aumentando, di conseguenza, la forza del momento stabilizzante.

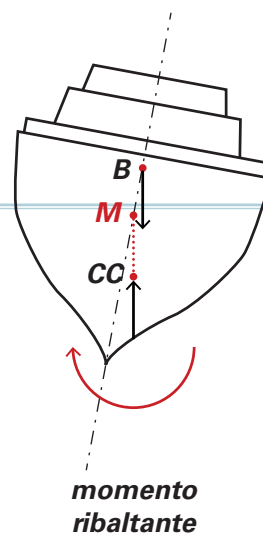
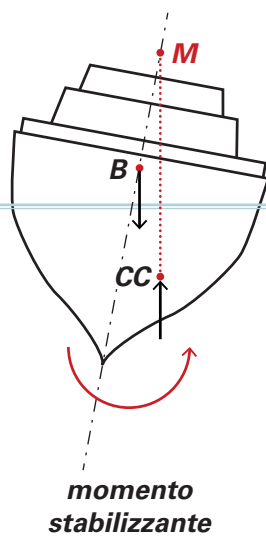
Per aumentare questa distanza si può agire sulla posizione dei pesi dello scafo, e parliamo di stabilità di peso, oppure intervenire sulla forma dello scafo stesso, utilizzando la stabilità di forma. Uno scafo lavorato per la stabilità di peso, quindi zavorrato in chiglia, resiste bene agli sbandamenti poichè con l'inclinazione il centro di carena si sposta di poco e il baricentro rimane molto in basso: in questo modo viene aumentato il braccio della coppia raddrizzante che aumenta la forza del momento stabilizzante. La stabilità di forma, invece, si ottiene controllando lo spostamento del centro di carena con prove di inclinazione in base alla forma dello scafo; con una sezione di scafo larga, ad esempio, a piccoli sbandamenti corrispondono grandi spostamenti del centro di carena, quindi un forte aumento del momento raddrizzante dovuti alla maggiore distanza tra i punti di applicazione delle forze (quindi un valore maggiore dei bracci).

In altre parole, per avere uno scafo più stabile serve aumentare l'altezza metacentrica, e lo si può fare zavorrando lo scafo, quindi abbassando il baricentro, oppure allargare la figura di galleggiamento, in modo che la posizione del centro di carena si sposti più lontano dal baricentro (controllando sempre che il metacentro sia posizionato sopra il baricentro).



4.2.2 principio di Archimede

l'equilibrio di un corpo che galleggia si raggiunge se la spinta idrostatica è uguale e opposta alla forza peso.; la spinta idrostatica si applica al centro di carena, la forza peso, come in altri campi, viene sempre applicata nel baricentro del corpo.



4.2.3 metacentro e stabilità

la posizione del metacentro viene individuata nell'intersezione tra la retta verticale che passa per il centro di carena e l'asse di simmetria della figura. Per ottenere un momento stabilizzante il metacentro deve sempre trovarsi più in alto del baricentro.

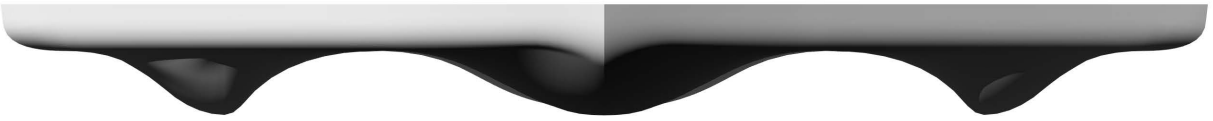
Le strutture che verranno studiate sono pensate per galleggiare (nel caso in analisi, lungo il waterfront della darsena di Ravenna), ma non necessitano di elevate prestazioni in termini di navigazione; il concept di progetto prevede la possibilità di movimento per i singoli moduli, garantendo la possibilità di riconfigurare il sistema per essere in grado di formare diverse tipologie di aggregazione.

Questo aspetto non viene comunque tralasciato, in quanto lo scafo, mantenuto uguale su ogni modulo, viene studiato principalmente in termini di galleggiamento e stabilità, ma con una forma adatta alla navigazione.

Dai principi che guidano la progettazione nello yacht design vengono anche ripresi i vantaggi dell'uso ripetuto degli stampi per la produzione; in questo caso si farà un ulteriore passo avanti inserendo lo stampo dello scafo anche per la produzione di altre parti della struttura.

Come detto vengono sfruttati i vantaggi dell'uso della vetroresina per la produzione di scocche portanti e sottili, la cui resistenza è amplificata dalla forma studiata. La vetroresina permette, inoltre, la produzione di grandi parti monoscocca, come accade per gli scafi, riuscendo a ridurre al minimo le parti da assemblare per realizzare una singola struttura modulare.

Vengono studiati anche gli impianti interni sempre seguendo l'impostazione dello yacht design, posizionandoli più in basso possibile nello scafo e in modo simmetrico rispetto al baricentro, per non alterare la stabilità dell'intera struttura.



4.3_studio dello scafo

IL GALLEGGIAMENTO DELLA STRUTTURA MODULARE

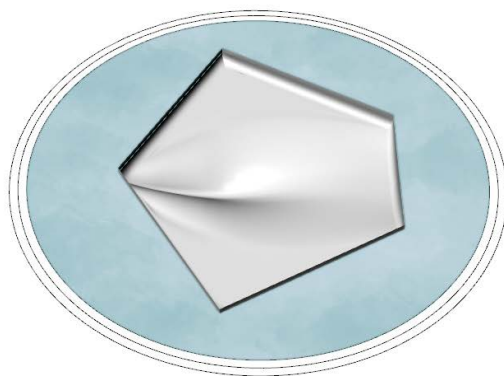
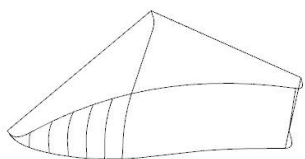
Seguendo i principi della modularità, viene studiato uno scafo che si ripete uguale in tutti i moduli, permettendo ad ognuno di questi di galleggiare. L'uso dello stesso scafo va anche a vantaggio della produzione in serie, fatta attraverso l'uso dello stesso stampo, con notevoli risparmi economici; questo stampo verrà anche usato per la produzione di alcune delle strutture superiori che compongono certe tipologie di moduli.

Il design dello scafo parte direttamente dalla forma modulare e da questo perimetro viene studiata la forma più adatta per il corretto galleggiamento. La pianta, costituita dal pentagono base scelto con la tassellazione Cairo, si presenta come una figura che non predilige una direzione rispetto alle altre, ma che presenta una simmetria lungo un asse. Proprio questo asse viene scelto per dare una direzionalità alle forme dello scafo e renderlo adatto anche alla navigazione a basse velocità.

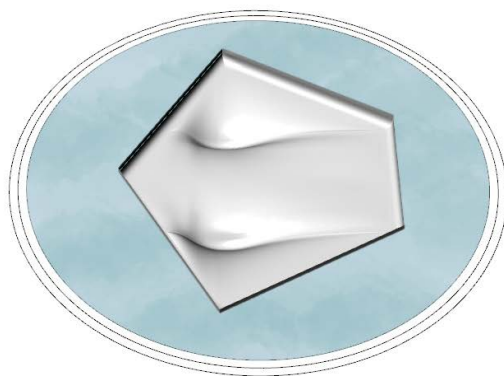
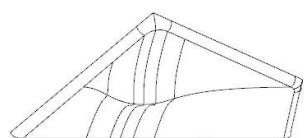
La progettazione di scafi in ingegneria navale viene solitamente fatta studiandone solo metà, la forma viene poi specchiata lungo l'asse di simmetria per generare lo scafo completo. Anche in questo studio, quindi, la figura in pianta viene divisa lungo l'asse di simmetria e da qui vengono costruite le linee base che verranno usate dal software di modellazione come rete di curve che generano la superficie dello scafo. I principi di stabilità e galleggiamento guidano questa fase di progettazione: lo scafo deve avere una direzionalità per la navigazione ma deve anche distribuire il dislocamento (quindi le parti immerse) il più possibile vicino ai bordi della figura: in questo modo viene studiato uno scafo che agisce per stabilità di forma, non essendo possibile abbassare molto il baricentro poiché gli scafi devono avere un'altezza ridotta per potersi adattare al meglio alle diverse condizioni progettuali.

4.3.1_prospetto frontale della forma di scafo scelta

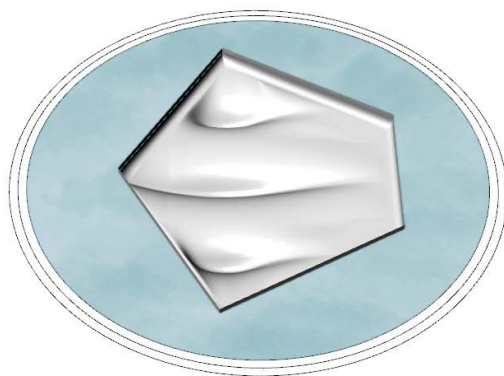
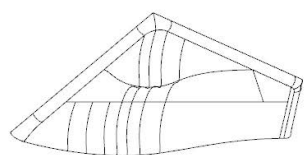
la progettazione rispetta i principi di modularità e tiling definiti in precedenza e si sviluppa sulla linea degli studi di scafi tipica dell'ingegneria navale.



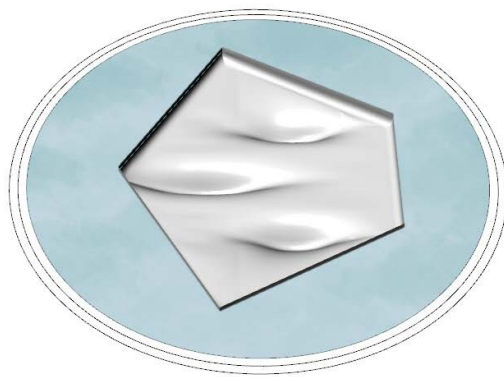
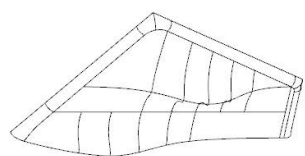
scafo singolo



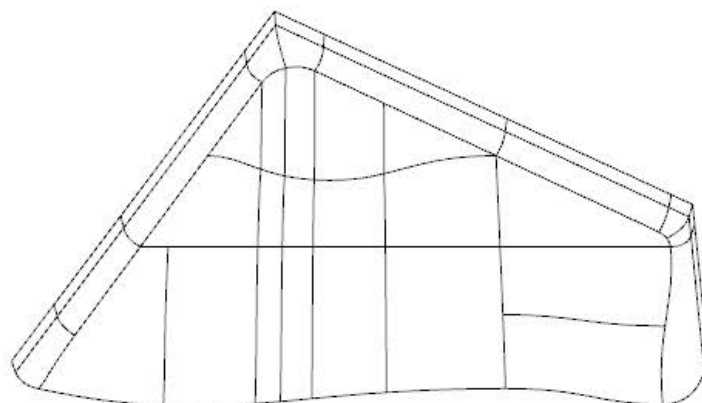
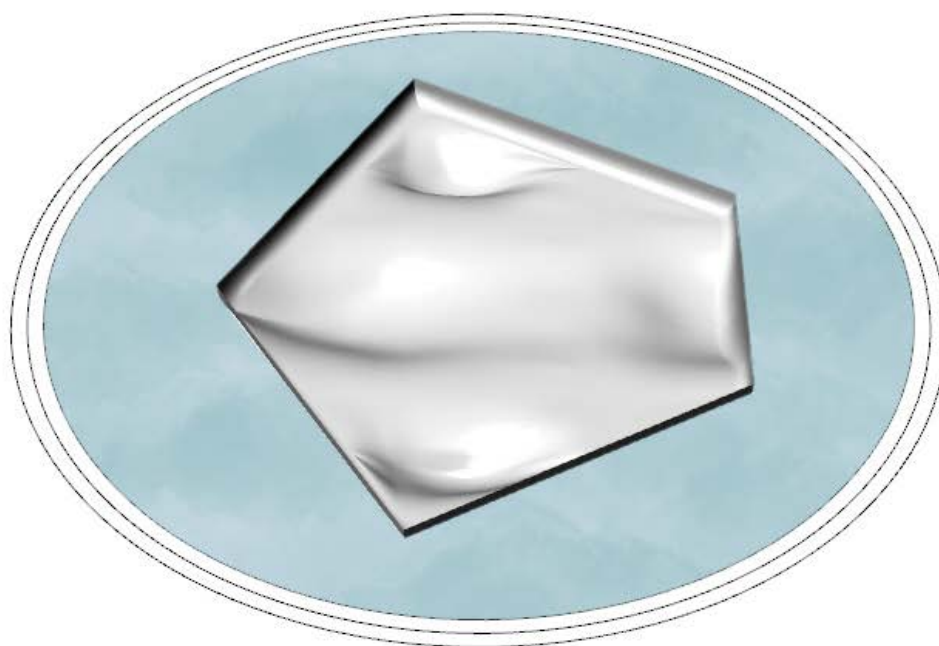
doppio scafo



multiscafo allineato



multiscafo sfalsato



4.3.2_studio dello scafo

la ricerca del design finale corretto parte dallo studio dei principi di stabilità e galleggiamento e si sviluppa a partire dalla forma a scafo singolo fino ad indagare un funzionamento tipico dei multiscafi.

La forma scelta è adatta a contrastare le spinte multi-direzionali tipiche dell'ambiente marino e alla stabilità anche in presenza di carichi variabili.

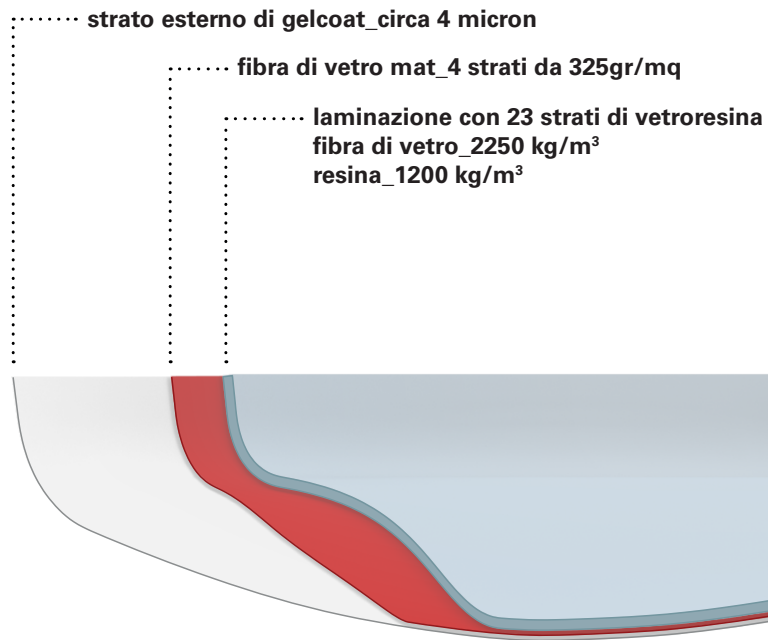
La costruzione delle linee viene fatta prestando attenzione a non andare contro i principi di modularità che permettono ai moduli di aggregarsi; vengono costruite le parti più in alto come quasi verticali alte circa 50 cm (la verticale viene inclinata di qualche grado per generare l'angolo necessario per lo sformo dallo stampo durante la produzione), in modo da permettere ai moduli di comunicare tra loro (qui verranno inseriti successivamente i sistemi di aggancio), poi viene studiata la forma inferiore.

Vengono fatte diverse prove variando la forma della parte immersa: partendo da una forma a scafo singolo, posizionato lungo l'asse di simmetria, poi si passa allo studio di altre forme; lo scafo rimane unico ma viene studiato con un approccio da multiscafo, in cui vengono fatte modifiche locali sulla superficie in modo da ottenere parti dislocanti che migliorano la stabilità. Questo approccio è finalizzato alla ricerca della stabilità necessaria a contrastare sollecitazioni provenienti da varie direzioni, come possono essere quelle marine; per questo motivo viene scartato lo scafo piatto.

Vengono indagate forme simili a quelle dei catamarani e dei trimarani, fino ad arrivare ad una forma finale che presenta quattro parti dislocanti poste simmetricamente e il più possibile ai margini della figura, in modo da aumentare il suo momento d'inerzia e, di conseguenza la stabilità di forma (grazie a una grande coppia raddrizzante). La presenza di queste parti dislocanti permette anche di reggere maggiore peso, e di contrastare al meglio i carichi variabili che la struttura dovrà sopportare. Va ricordato che 1m^3 di volume di scafo immerso (quindi di dislocamento) spinge 1025kg di acqua marina e regge, per il principio di Archimede, 1025kg. Di conseguenza, il peso totale che può reggere una struttura galleggiante (su acqua marina) corrisponde al suo volume immerso moltiplicato per 1025kg/m^3 .

Ipotizzata la forma base dello scafo, vengono fatte le prime verifiche, che prendono il nome di studio delle carene diritte; viene controllata la posizione del baricentro e del centro di carena, verificando che siano disposti in verticale rispetto all'impostazione progettata per lo scafo: in questo modo si fa in modo che lo scafo galleggi in configurazione piana.

Questo studio viene fatto impostando nel software i dati della geometria dello scafo e decidendo una possibile laminazione con cui questo si andrà a costruire, ottenendo il valore del peso della struttura; per laminazione si intende la stratificazione che andrà a comporre la struttura, formata principalmente dagli strati di vetroresina necessari ad ottenere le performance richieste, con una struttura monoscocca (costruita come pezzo unico in assenza di giunti).

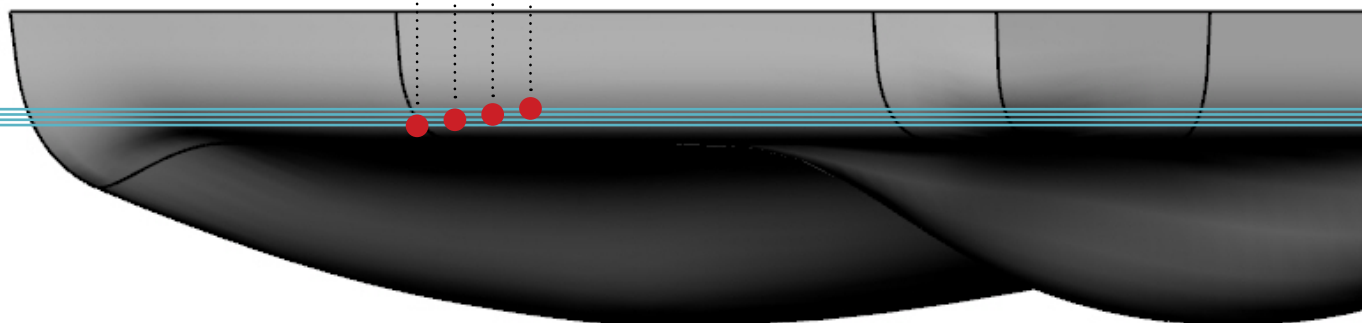


4.3.3_laminazione dello scafo

la grafica descrive la stratificazione dei materiali scelta per lo scafo:
lo spessore finale ammonta a 23mm.

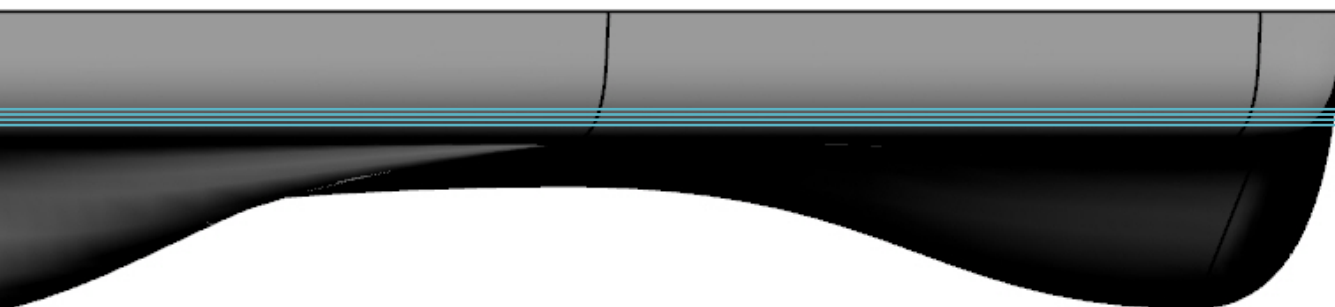
weight_8000 kg
affondamento_582 mm

weight_9000 kg
affondamento_601 mm



weight_10000 kg
affondamento_620 mm

weight_11000 kg
affondamento_639 mm



4.3.4_analisi delle carene diritte

in evidenza l'affondamento dello scafo con carichi incrementati da 8t a 11t; il design dello scafo e la variazione della forma passano anche dallo studio dell'allineamento tra baricentro e centro di spinta.

CONDIZIONE REALE

Condition Name=Condition 1,Weight=8.342,00,LCG=3.971,00,Model Heel=0,00

Analysis Type FreeFloatEquilibrium

Surface Meshing Parameters

Density	1	Minimum edge length	1E-07 mm
Maximum angle	0	Maximum edge length	0 mm
Maximum aspect ratio	0	Max distance, edge to surf.	0 mm
Minimum initial grid quads	0	Jagged seams	False
Refine mesh	True	Simple planes	True

Load Condition Parameters

Weight	8342,000 kgf
LCG	3971,000 mm
Model Heel	0,000 deg
VCG	2770 mm
Fluid Type	Seawater
Fluid Density	1025,900 kg/m ³
Mirror Geometry	False

Resultant Model Attitude

Heel Angle	0,000 deg	Sinkage	605,338 mm
Trim Angle	-0,248 deg		

Overall Dimensions

Length Overall, LOA	8196,830 mm	Loa / Boa	0,789
Beam Overall, Boa	10392,305 mm	Boa / D	2,017
Depth Overall, D	5152,681 mm		

Waterline Dimensions

Waterline Length, Lwl	8055,810 mm	Lwl / Bwl	0,817
Waterline Beam, Bwl	9865,385 mm	Bwl / T	16,921
Navigational Draft, T	583,025 mm	D / T	8,838

Volumetric Values						
Displacement	8342,010	kgf	Displ-Length Ratio		444,707	
Volume	8,131	m^3				
LCB	3960,917	mm	FB/Lwl	0,486	AB/Lwl	0,514
TCB	-0,022	mm	TCB / Bwl		0,000	
VCB	435,848	mm				
Wetted Surface Area	53,950	m^2				
Moment To Trim	208,326	kgf-m/cm				

Waterplane Values						
Waterplane Area, Awp	50,626	m^2				
LCF	3843,284	mm	FF/Lwl	0,472	AF/Lwl	0,528
TCF	-0,029	mm	TCF / Lwl		0,000	
Weight To Immerse	519,374	kgf/cm				

Sectional Parameters					
Ax	2,057	m^2			
Ax Location	4748,823	mm	Ax Location / Lwl		0,584

Hull Form Coefficients					
Cb	0,175		Cx	0,358	
Cp	0,491		Cwp	0,637	
Cvp	0,275		Cws	6,666	

Static Stability Parameters					
I(transverse)	238,940	m^4	I(longitudinal)	182,567	m^4
BMt	29384,813	mm	BMI	22452,087	mm
GMt	27050,64	mm	GMI	20117,91	mm
Mt	29384,660	mm	MI	22451,935	mm

4.3.5_analisi delle carene diritte

output dei calcoli del software usato come supporto durante la progettazione dello scafo.

Per la laminazione di questo scafo viene scelto uno spessore di 12mm, buon compromesso tra leggerezza dello scafo e prestazioni in termini di resistenza strutturale. Considerando l'uso di stuoie di fibra di vetro da 900gr/mq, saranno necessari 23 strati di vetroresina, dallo spessore di 0,52mm l'uno. Questi strati rappresentano la parte resistente della sezione e sono accompagnati da uno strato esterno di mat (fili di fibra di vetro disposti in maniera omogenea ma con orientamento casuale) da 400gr/mq, che agisce come rinforzo e protezione esterna della stratificazione, coperto a sua volta da uno strato di gelcoat come finitura finale. La vetroresina viene posata utilizzando il 30% di fibra di vetro con densità 2550kg/m^3 e il 70% di resina con densità 1200kg/m^3 : questa composizione produce una densità totale di circa 1700kg/m^3 . Con questi dati è possibile calcolare il peso della struttura, che vale $19,3\text{kg/mq}$.

Successivamente inizia la parte operativa dell'analisi delle carene diritte: viene studiata la situazione di galleggiamento considerando il peso della struttura e il corrispondente affondamento, verificando sempre il posizionamento reciproco di baricentro e centro di carena. Definita la situazione iniziale, si inizia a caricare la struttura con carichi incrementali, osservando la variazione di affondamento e lo spostamento delle posizioni di baricentro e centro di carena. Il posizionamento errato di questi punti implica una posizione inclinata dello scafo e la necessaria riprogettazione della forma.

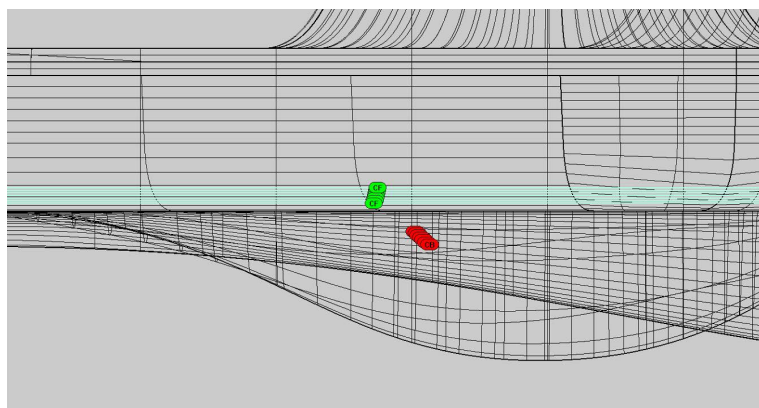
In questo studio il carico viene applicato nel baricentro e non vengono considerati pesi variabili nelle verifiche; va sottolineato, però, che i vari moduli, oltre ad essere molto stabili per la forma dello scafo, sono anche collegate assieme in una struttura unica: i carichi e le sollecitazioni, e se ne parlerà meglio nel prossimo capitolo, non vengono assorbite totalmente dal modulo su cui agiscono direttamente ma vengono distribuite anche sui moduli vicini, garantendo maggiore resistenza.

Lo scafo progettato, partendo da un peso proprio di circa 8 tonnellate con un affondamento iniziale di 582mm rispetto al punto più basso, affonda di circa 19mm per ogni tonnellata aggiunta; in particolare, con un peso di 11 tonnellate, raggiunge in affondamento di 639mm. Si osserva che le posizioni di baricentro e centro di carena non si discostano molto dalla verticale che deve accomunarle, lo scafo rimane, quindi, in posizione orizzontale in caso di carico incrementale. I dati ottenuti permettono anche il calcolo della velocità massima raggiungibile dallo scafo, calcolata in 7 nodi, dalla quale è possibile ricavare la velocità di crociera, che vale 5,6 nodi.

Questo studio rappresenta una prima verifica di correttezza dello scafo e dovranno essere ripetute in presenza di significativi cambiamenti progettuali derivanti dagli studi successivi; si susseguiranno, infatti, varie fasi progettuali che saranno basate sullo scafo stesso e renderanno necessari piccoli adattamenti di forma, per far sì che tutta la struttura funzioni correttamente. Il bilanciamento della forma base di galleggiamento avviene grazie a una distribuzione equilibrata dei volumi immersi rispetto alla figura in pianta. Le forme sono regolate sia in base alla posizione rispetto agli assi (simmetria per la navigazione) sia in base alla lontananza dalla parte centrale della figura: forme più lontane influiscono maggiormente sul momento d'inerzia, quindi sulla coppia stabilizzante.

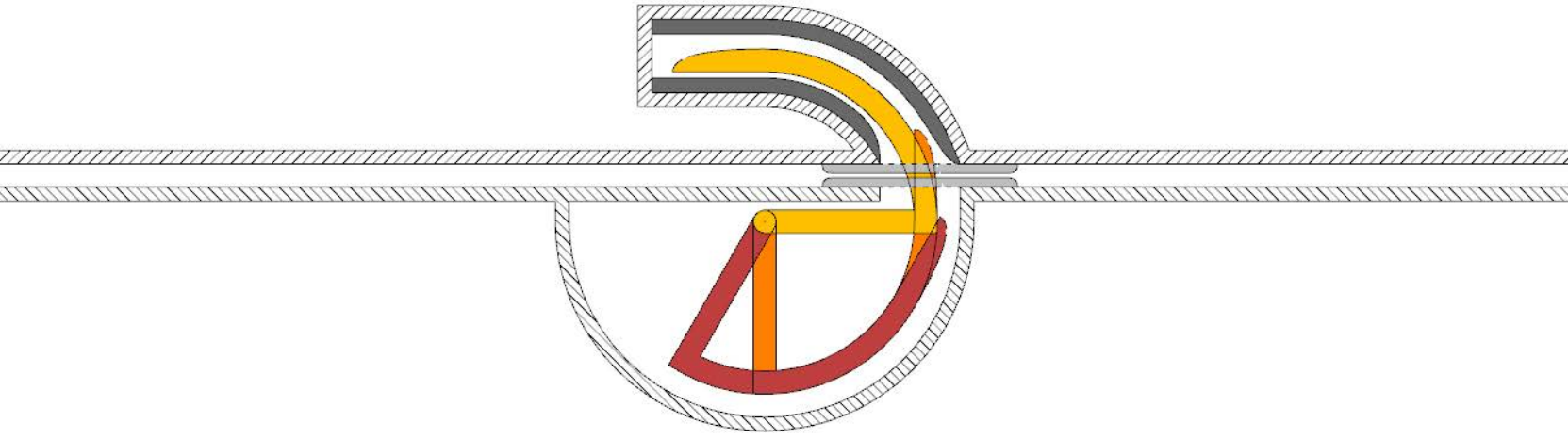
Considerata la presenza all'interno del progetto di diverse tipologie modulari, si deve affrontare il problema di avere moduli vicini con pesi diversi, che implicano affondamenti diversi; la necessità di seguire la continuità modulare impone di livellare queste altezze e sarà possibile con l'inserimento di serbatoi stagni all'interno degli scafi dotati di un sistema di pompaggio dell'acqua che permette agli scafi più leggeri di immagazzinare acqua e affondare fino al livello desiderato.

All'interno degli scafi verranno previsti anche due motori, posizionati a poppa all'interno di compartimenti stagni, la cui potenza viene calcolata sulla base della velocità dello scafo e vale 3,5kW.



4.3.6 analisi delle carene diritte

dettaglio delle posizioni di baricentro (CF) e centro di carena (CB) che variano durante le prove incrementali di carico.



4.4_ il sistema di aggancio

STUDIO DI GIUNTI ADATTI ALLA MODULARITÀ SCELTA

Lo studio dell'aggancio tra gli scafi rappresenta una parte fondamentale nella progettazione modulare di una struttura galleggiante. Vanno sempre tenuti presenti i principi di tiling che fanno funzionare la tassellazione Cairo: parliamo della rotazione degli elementi e delle modalità con cui comunicano tra di loro.

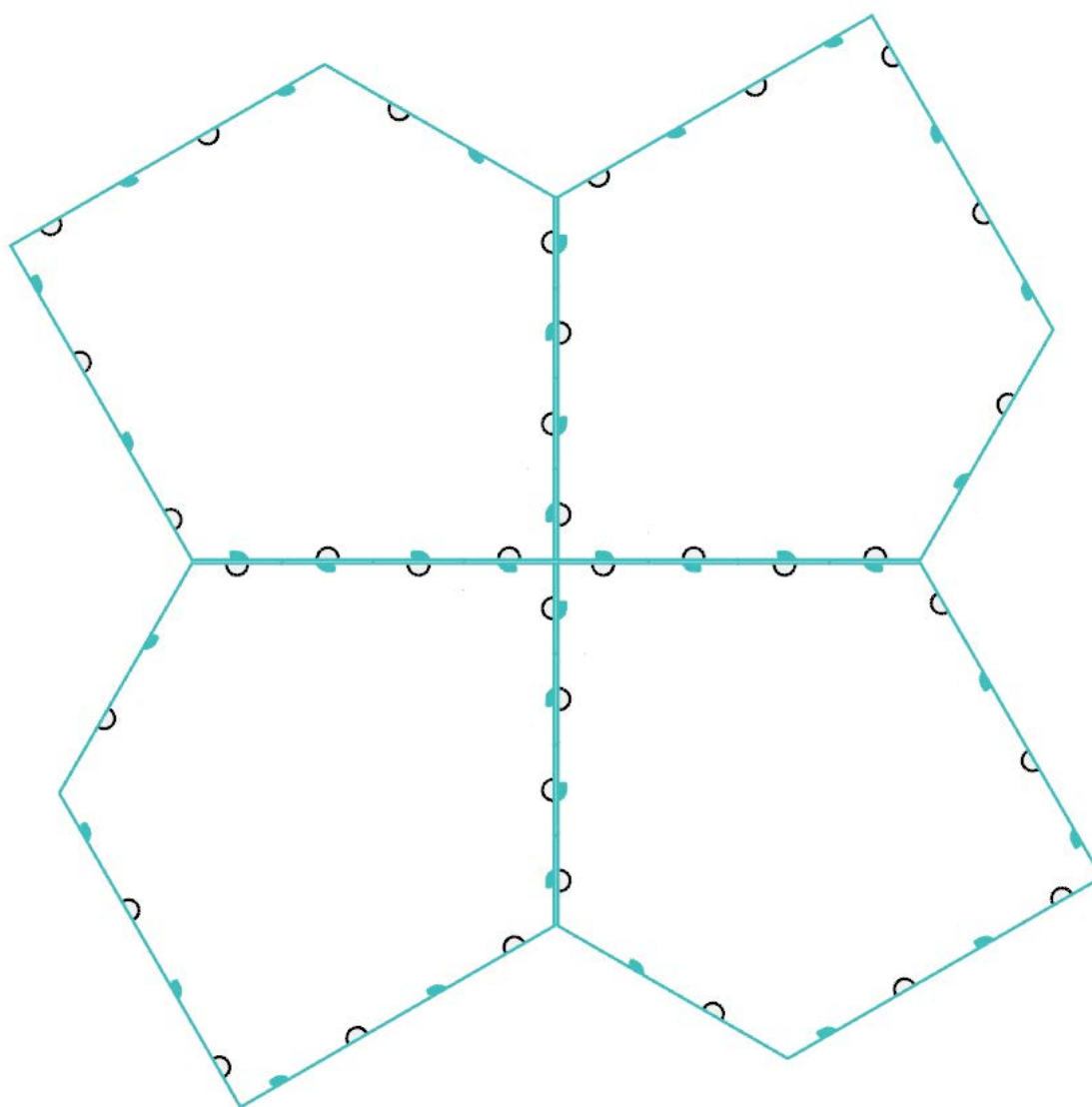
I sistemi di aggancio hanno anche il compito di assorbire in parte le sollecitazioni multi-direzionali derivanti dall'ambiente marino e di distribuirle tra le strutture agganciate: in questo modo si forma un sistema che collabora nell'assorbimento dei carichi ed i singoli moduli guadagnano in stabilità.

Considerando che i quattro lati più lunghi della figura possono comunicare sempre tra loro (questo a causa dell'inserimento del gap all'interno della tassellazione) e che il lato corto comunica solo con se stesso, possono essere progettati dei sistemi che si ripetono uguali su tutti i lati degli scafi. Per permettere la comunicazione tra tutti i lati di tutti i moduli, vengono considerati i principi di tiling, in base ai quali i punti di aggancio vanno posizionati simmetricamente rispetto al centro del lato: in questo modo, ruotando il modulo per comporre l'aggregazione Cairo, gli agganci presenti su un lato di un modulo andranno a combaciare con i loro corrispondenti posizionati nello scafo del modulo con cui deve agganciarsi.

4.4.1_aggancio modulare, principio di funzionamento

vengono rappresentati, in pianta, la sezione di due scafi opposti accoppiati: il sistema di divide tra i due scafi con un elemento rotante progettato "a falce" in modo da potersi inserire nella sede corrispondente posizionata all'interno dello scafo opposto ma potendo anche rimanere nascosta in caso di lati non agganciati.

In grigio gli elementi, simili ai bottazzi tipici dello yacht design, capaci di assorbire gli urti e parte delle sollecitazioni esterne.



4.4.2_aggiaccio modulare, posizionamento delle coppie

vengono rappresentati, in pianta, 4 moduli e i sistemi di aggancio: le coppie, formate dall'elemento rotante e dalla sede per la rotazione, vengono posizionate simmetricamente e disposte in modo alternato, in modo tale che ogni lato possa combaciare con ogni altro lato della stessa lunghezza.

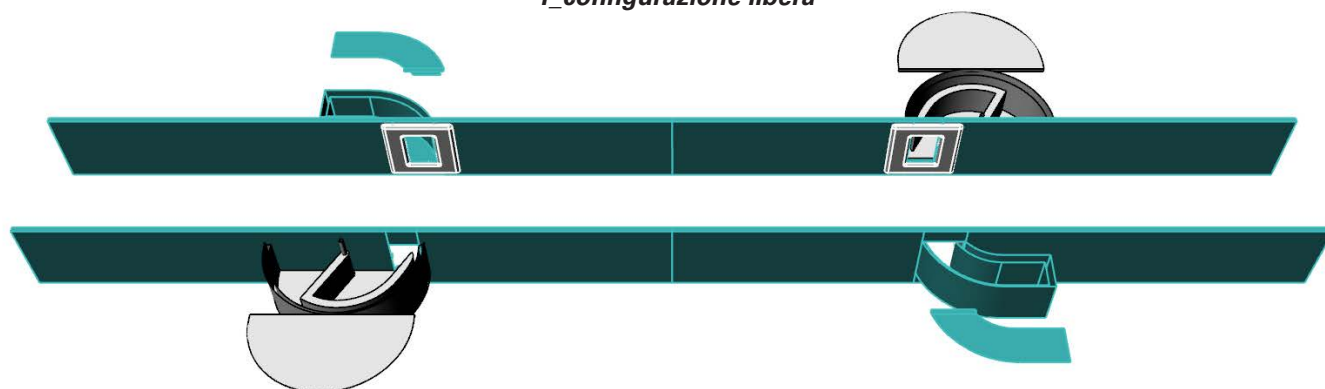
I sistemi vengono distribuiti, quindi, in serie di 4 elementi su ogni lato ed inseriti all'interno degli scafi in modo da essere meno invadenti possibile nei confronti delle linee di design esterne: i fori di uscita, ed uniche parti visibili del giunto (che si sviluppa all'interno degli scafi) hanno dimensioni di 10x7cm. Il giunto invade internamente lo scafo per uno spazio ridotto, in modo da inserirsi al meglio nella composizione delle strutture interne.

Il principio di funzionamento, pensato per questa soluzione, avviene per rotazione: il sistema è composto da una struttura rotante posizionata su uno scafo e da una struttura che funziona come sede di aggancio posizionata sullo scafo opposto; l'elemento rotante viene progettato a forma di falce per poter agire al meglio nell'aggancio ma per essere anche in grado di rientrare completamente nella sua sede in caso di lati liberi, non agganciati ad altri moduli. La falce viene inoltre allungata nella sua parte terminale in modo da permettere l'allineamento dei moduli in fase di avvicinamento, grazie a una minima rotazione iniziale, prima della rotazione completa che produce l'aggancio vero e proprio. Questo sistema funziona, come detto, se si dispongono i giunti in modo simmetrico sui lati ed alternati tra loro, poichè, con la rotazione e l'aggancio dei lati, ad ogni elemento rotante deve corrispondere la sede nel modulo opposto in cui deve alloggiare dopo la rotazione, accoppiandosi con la stessa logica dei poli positivi e negativi delle calamite.

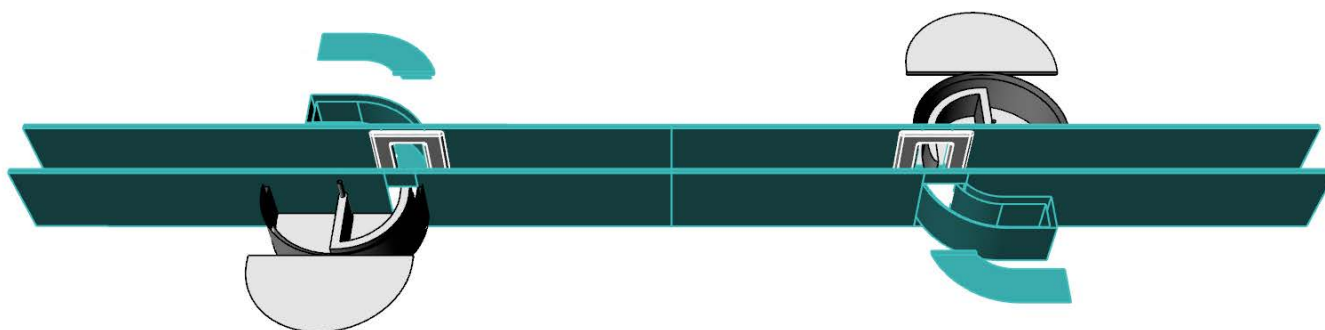
Va sottolineata la presenza del solo movimento rotatorio degli elementi per il corretto funzionamento del sistema: la collaborazione tra le coppie di elementi alternate permette, infatti, di contrastare le sollecitazioni in ogni direzione, riuscendo ad inibire tutti i gradi di libertà ma con un giunto non totalmente rigido, capace di adattarsi ed assorbire in parte gli sforzi a cui viene sottoposto.

Questo sistema viene accompagnato da parti simili ai bottazzi tipici dello yacht design: il compito è quello di attutire i colpi che un modulo potrebbe ricevere nella fase di avvicinamento ad altri moduli, prevenendo danni allo scafo. Questi rivestimenti vengono posizionati lungo il contorno dei fori di uscita degli elementi di aggancio, ma rivestono anche l'interno della sede in cui si va ad inserire l'elemento rotante: in questo modo vengono attutate le sollecitazioni provenienti dall'acqua, sia in fase di aggancio che nella fase statica successiva. Il materiale scelto è il PVC, caratterizzato da buona resistenza agli urti e possibilità di scorrimento dell'elemento rotante sulla superficie interna della sede di rotazione. Grazie anche a questi elementi il giunto si allontana dalla rigidità, assorbendo in parte le sollecitazioni a cui è soggetto e distribuendole tra le strutture agganciate. Viene pensata anche la possibilità di progettare un plugin all'interno dell'aggancio, per il passaggio di impianti come, ad esempio l'elettricità, da un modulo all'altro.

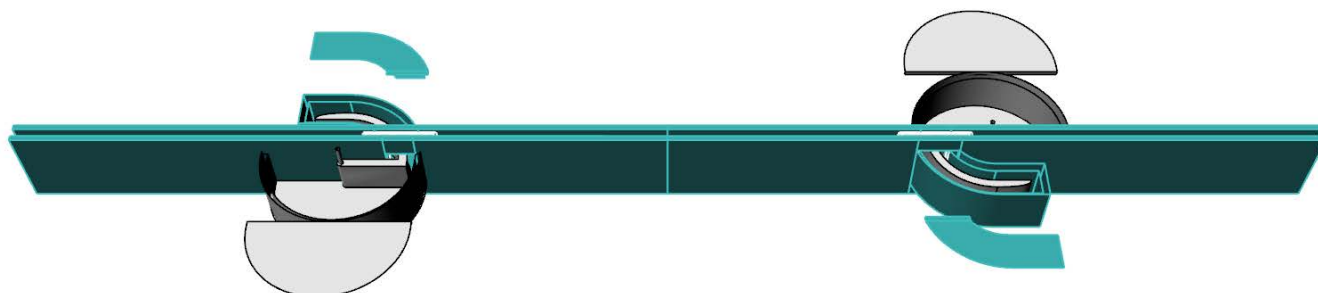
1_configurazione libera



2_fase di allineamento



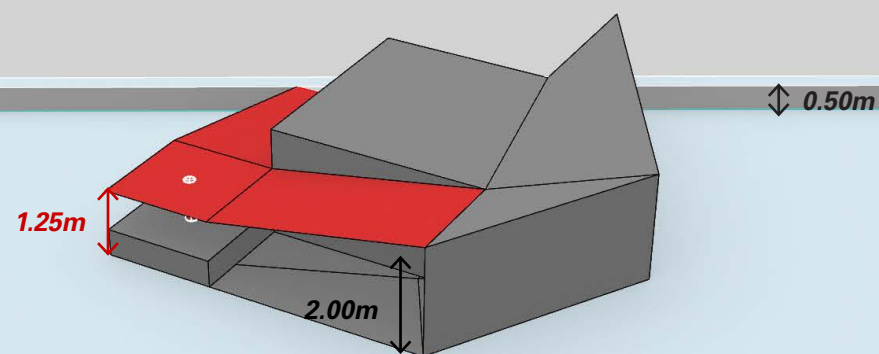
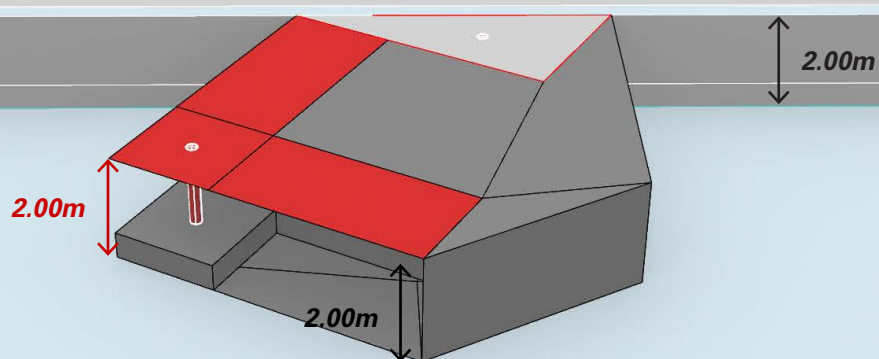
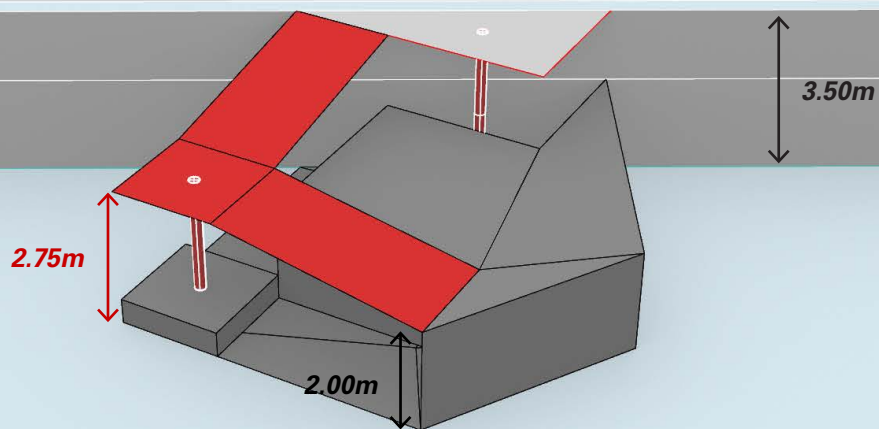
3_fase di aggancio



4.4.3 il sistema di aggancio

lo studio dei giunti tra i moduli produce una soluzione basata unicamente sul movimento rotatorio; sfruttando il principio di tiling del modulo cairo, si dispongono simmetricamente e alternativamente i giunti sui lati, in questo modo ogni lato ha la stessa composizione e può comunicare con qualsiasi altro lato.

In grafica viene rappresentata una sezione prospettica del centro di un lato qualsiasi dei moduli; sullo stesso lato il sistema viene completato da altre due coppie di elementi disposte alternativamente a queste. Nella configurazione libera i moduli non sono agganciati e gli elementi rimangono nella configurazione base nascosta, durante la fase di aggancio i moduli si avvicinano e l'elemento a falce viene fatto ruotare di qualche grado per poter posizionare correttamente gli scafi vicini, in questo modo si prepara la fase di aggancio vero e proprio con la rotazione completa dell'elemento all'interno della sede corrispondente sul modulo opposto.



4.5_ il problema della marea

STUDIO DEL MODULO MOBILE PER L'AGGANCIO ALLA BANCHINA

L'area di progetto, essendo collegata direttamente al mare tramite il canale Corsini che termina proprio con la Darsena di città, è soggetta agli stessi movimenti di marea propri delle acque marine. Questo aspetto assume notevole importanza progettuale in termini di comunicazione tra le strutture galleggianti e banchina fissa: le strutture galleggianti si muovono in verticale seguendo le variazioni di altezza della marea e devono collegarsi in modo costante con gli spazi urbani. Tutta la zona di progetto è contornata da banchine che mantengono un'altezza costante e rettilinea rispetto al piano dell'acqua, condizione importante per la comunicazione con le strutture modulari.

Secondo i dati della stazione meteo di Porto Corsini, che misura giornalmente le altezze di marea della zona, le variazioni oscillano normalmente tra 0.9m e -0.1m rispetto allo zero marino, quindi tra 2m e 3m rispetto alla linea del parapetto delle banchine della darsena. In questa zona, però, vanno valutati anche altri fattori che cambiano il livello di marea, come correnti indotte o eccezionali, flussi di scarico di acque bianche, forte vento.

4.5.1_ il movimento della marea

schema di funzionamento del modulo mobile, pensato per fare da mediatore tra la struttura che si muove con la marea e la staticità della banchina. I livelli di marea considerati come limite includono situazioni estreme, se si dovesse andare oltre questi livelli è possibile deassemblare la struttura e spostarla.

In figura, la parte rappresentata in rosso rimane fissa alla banchina, la parte grigia, invece funziona come un modulo standard, salendo e scendendo con la marea; considerando gli 8m di passerella, la pendenza dell'8% si supera dopo i 64cm di dislivello. Con 1m di dislivello la pendenza è 12,5%, mentre con 1,5m di dislivello la pendenza è 18,5%. Variando la marea ogni 3/4 ore, anche la pendenza delle rampe varia sempre attorno alla configurazione piatta.

Considerando queste informazioni, viene progettato un modulo di collegamento dotato di parti che si spostano in altezza, seguendo le variazioni della marea, per permettere il collegamento costante tra la struttura galleggiante e le banchine. Il problema dell'accesso sarebbe risolvibile anche con l'uso di rampe mobili accessorie, posizionate tra la struttura e la banchina: questa soluzione risulta, però, poco coerente con le scelte modulari fatte fino ad ora; per questo viene studiata una tipologia modulare adatta alla soluzione del problema, composta da parti fisse e parti mobili che permettono il collegamento, studiate come rampe inclinate e non come scalini. Lo studio considera come base di progetto i livelli standard di marea descritti precedentemente, ma include anche livelli eccezionali che arrivano a 3,5m sotto la linea di banchina, nel caso estremo di bassa marea, e a 0,5m nel caso estremo di alta marea.

La variazione di altezza ammonta, quindi, a 3m di dislivello, che possono essere coperti grazie ad un modulo composto in parte da elementi mobili, progettato in modo da essere piatto nel caso intermedio tra gli estremi (quindi con marea a 2m dalla banchina) e che possa variare in altezza (fino a 1,5m in alto o in basso), a seconda del livello di marea. In questo modo viene inclusa la copertura di tutte le possibilità di marea generate anche da eventi estremi, considerando che, in caso di eventi ancora peggiori, è sempre possibile spostare le strutture grazie agli scafi e metterle in sicurezza. Le parti mobili vengono studiate come due rampe della stessa lunghezza collegate da un piano intermedio: le due parti si muovono assieme in modo da mantenere sempre la stessa inclinazione.

Lo studio delle rampe parte proprio dalla pendenza: il dislivello standard è tra 2m e 3m, ma la considerazione dei livelli estremi impone di posizionare lo zero (struttura di collegamento piatta) a quota 2m dal parapetto. In base alle dimensioni e alla conformazione geometrica del modulo, vengono posizionate le rampe su due lati lunghi della figura Cairo, mantenendo la coerenza con i principi di aggregazione scelti e distribuendo la pendenza su più spazio possibile.

Il funzionamento passa tutto dal controllo dall'altezza del piano posto tra le due rampe, che, muovendosi, riesce a controllare costantemente la loro pendenza: il piano sale di una quota pari alla metà dell'incremento di marea e viene alzato e abbassato con questo criterio.

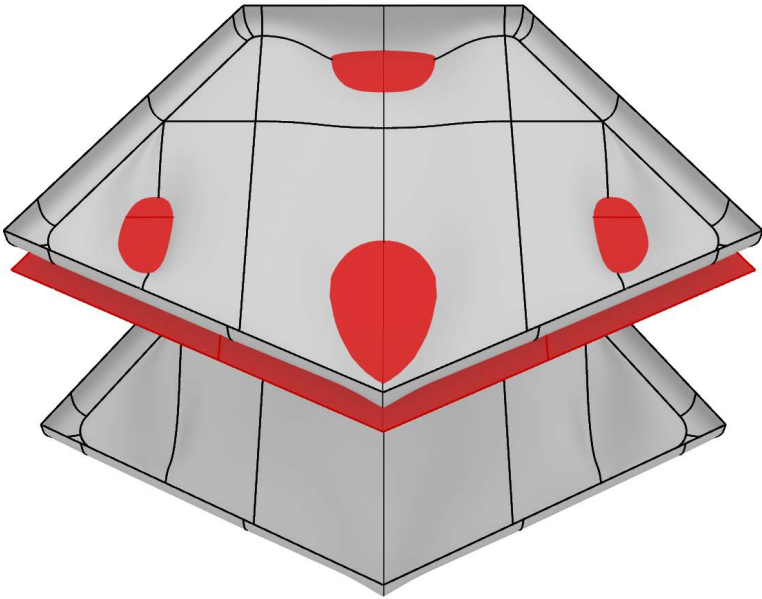
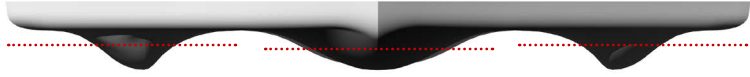
Viene inserito un rilevatore di altezza (sempre compresa tra 0,5m e 3,5m) tra il punto più alto della parte mobile del modulo e la base dello scafo: in base a questa altezza dimezzata viene controllata l'altezza del piano che collega le rampe, quindi l'inclinazione delle rampe stesse.

Con questa conformazione, la pendenza delle rampe rimane all'interno del limite dell'8% stabilito dalla legge (DM239/89) per altezze di marea che variano di 64cm attorno alla configurazione piatta, e rimangono entro il 12% se consideriamo livelli di marea tra 1m e 3m dalla banchina.

Va considerato, però, che la marea varia continuamente durante l'arco della giornata raggiungendo due picchi di alta marea e due picchi di bassa marea: il livello dell'acqua rimane solitamente 3/4 ore attorno ai punti di picco e impiega 3/4 ore a variare fino al punto successivo; questo significa che anche i casi di pendenza superiore ai livelli di legge non sono mai permanenti, poichè la rampa può rimanere nella stessa posizione (in realtà la posizione varia anche se di pochissimo) per al massimo 3/4 ore. Con la soluzione studiata la posizione delle rampe oscilla sempre attorno alla configurazione piatta, permettendo nella quasi totalità dei casi un accesso agevole alla struttura.

Il movimento delle rampe impone l'inserimento di guide di movimento sui bordi della piattaforma mobile che le divide: questo è necessario per permettere la rotazione delle rampe ma anche il movimento orizzontale delle stesse che, inclinandosi, cambiano la loro lunghezza in pianta.

Viene studiato anche l'inserimento di parapetti che saranno fissi su tutte le parti del modulo e composti da membrane elastiche in PTFE nelle zone che separano le parti fisse da quelle mobili.



4.6_ design delle strutture verticali

RESISTENZA STRUTTURALE, ILLUMINAZIONE, AERAZIONE

Definita la forma base dello scafo, viene sfruttato lo stesso stampo per la produzione della struttura orizzontale superiore, necessaria per la creazione delle tipologie di moduli più alte, che permettono il passaggio di percorsi al loro interno. Vengono aggiunte delle portate in teflon all'interno dello stampo che generano un taglio orizzontale della forma precedentemente creata per il galleggiamento, posizionata ad un'altezza adatta alle necessità di progetto. Questa costruzione è possibile proprio grazie alle forme dislocanti create per la stabilità e la navigazione, che cambiano funzione permettendo la progettazione di altri elementi strutturali. Le colonne, che connetteranno la struttura orizzontale superiore alla coperta inferiore che chiude lo scafo, vengono pensate come strutture organiche e continue rispetto agli elementi che connettono, cercando un'integrazione geometrica, strutturale e funzionale. Le strutture verticali vengono pensate come forme cave, adatte a garantire il passaggio costante della luce e il controllo dell'aerazione, nonché la continuità visiva e percettiva all'interno degli spazi.

Vengono fatte diverse prove di taglio della forma dello scafo, cercando di ottenere un bordo del foro che potesse garantire un buon appoggio tra le strutture e la continuità della curvatura delle forme. Questi tagli differenziali producono, infatti, a causa della ricerca della continuità di curvatura delle linee di forma, diverse dimensioni della sezione base della colonna, fondamentale per la resistenza strutturale. Si cerca, quindi, un compromesso tra tutti questi aspetti, attraverso una progettazione caratterizzata da continue prove di variazione delle soluzioni, arrivando alla definizione della forma finale più adatta.

La costruzione parte, quindi, dalla linea di bordo del foro, creato con un taglio piano fatto ad un'altezza che apra un bordo adeguato alle esigenze di progetto descritte.

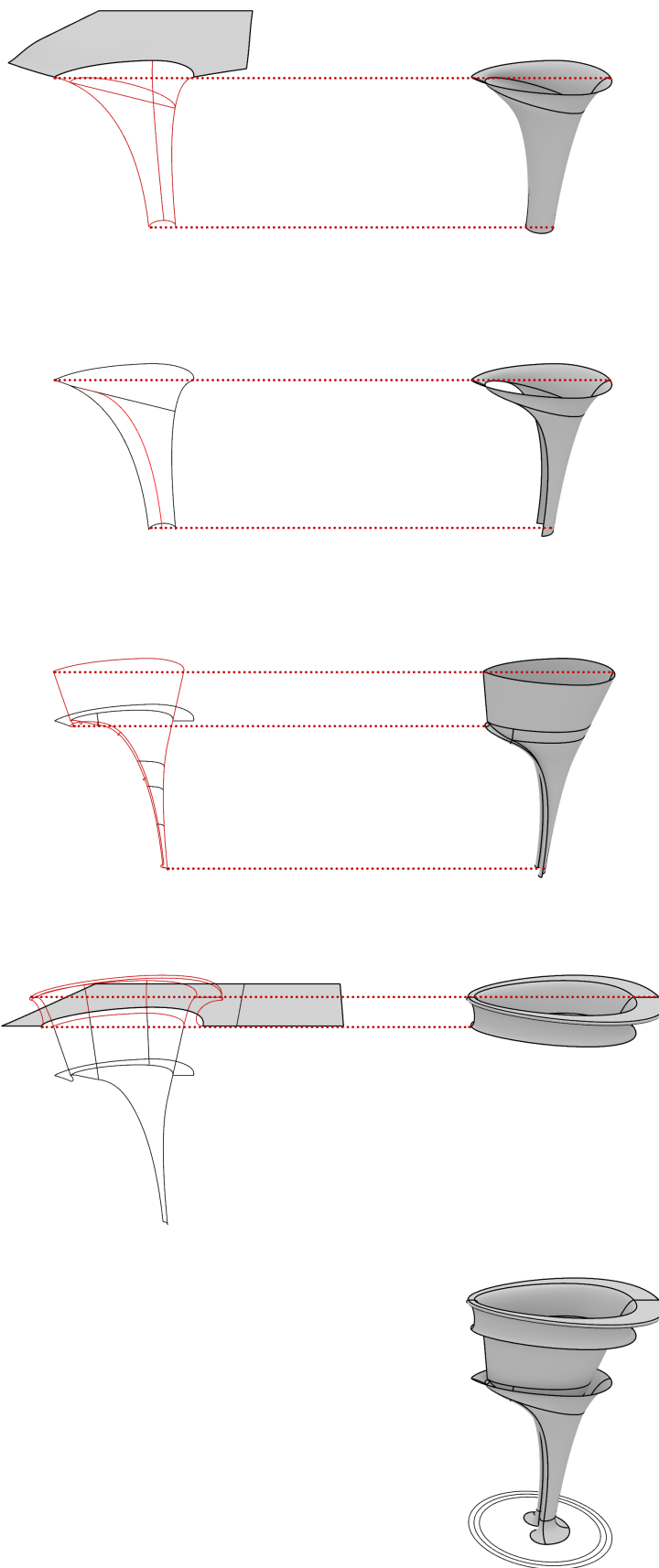
4.6.1_ taglio della forma esterna dello scafo inferiore

la struttura orizzontale superiore deriva direttamente da quella studiata per lo scafo: in questo modo è possibile produrle entrambe dallo stesso stampo. i bordi di taglio vengono decisi in modo da permettere la costruzione delle colonne con continuità di curvatura, e conseguente integrazione tettonica.

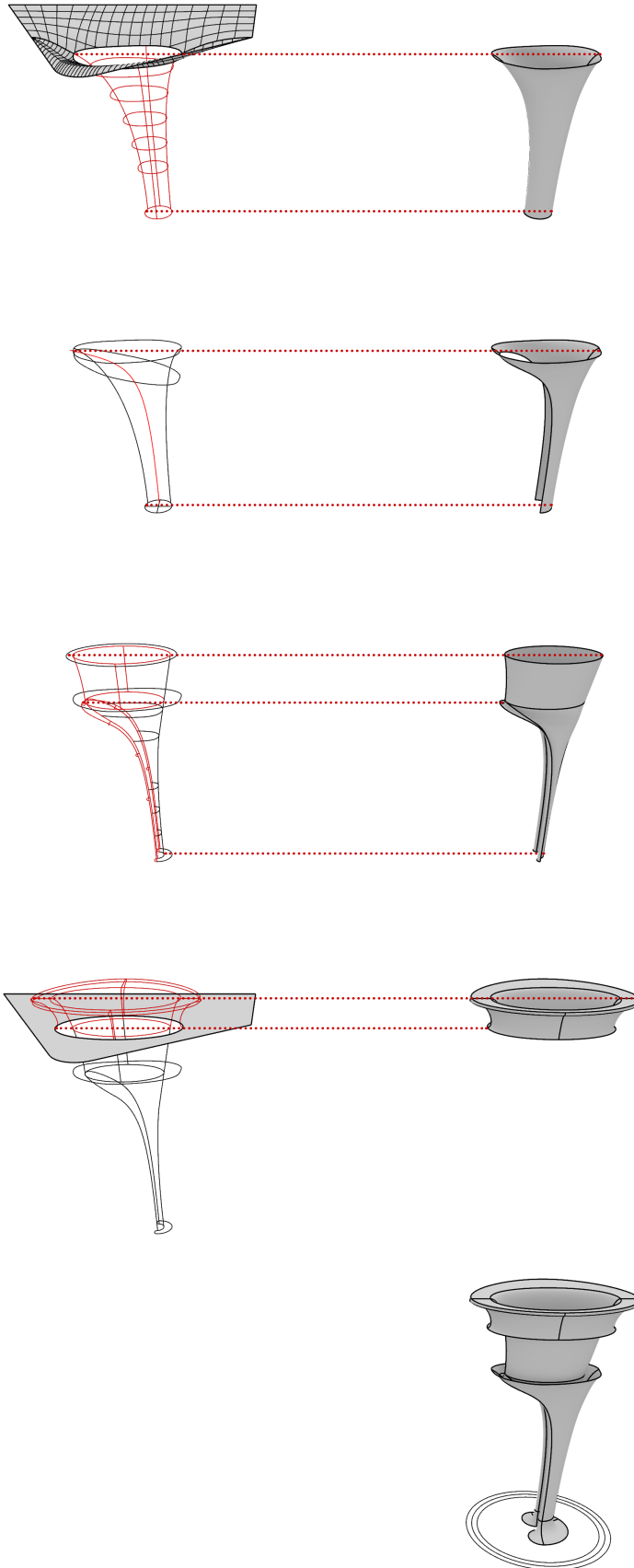
Viene ripresa la curvatura del bordo della superficie tagliata per creare i punti iniziali delle linee di sezione: la curvatura viene misurata su 4 punti simmetrici rispetto al centroide della figura tagliata e posizionati sul bordo. Le linee tracciate individuano 4 punti sul piano della coperta inferiore, con i quali viene decisa la sezione di base. Si cerca di avere sempre il centro della forma di base sotto il centroide del bordo da cui parte lo studio, per una migliore distribuzione dei pesi. A questo punto si arriva ad una forma chiusa, che viene tagliata sulla base di una linea di sezione tangente alla curvatura iniziale. Partendo da questo guscio esterno, viene costruita la forma per la parte interna, variando lo spessore della figura totale che si mantiene più ampio sul dorso per contenere meglio la curva degli sforzi. I due gusci vengono collegati con una superficie curva costruita a partire dai bordi dei due gusci e su una semicirconferenza con curvatura continua rispetto ai gusci stessi. Se il guscio esterno si collega organicamente, come detto, al bordo della struttura superiore tagliata, quello interno continua all'interno di questa struttura, arrivando fino alla coperta superiore e collegandosi con le strutture di chiusura delle colonne, studiate anch'esse con soluzioni di continuità di forma e curvatura. La conformazione delle colonne, costituite da un guscio in cui la rigidità è data dalla forma stessa, garantisce resistenza strutturale senza ulteriori strutture interne. Gli studi descritti sono solo 3 in quanto le colonne laterali (non posizionate sull'asse di simmetria della figura di base, vengono specchiate proprio rispetto a questo asse. Per ogni tipologia di colonna vengono studiate dimensioni dell'apertura del foro che permettano un corretto passaggio di luce ed aria. La colonna posizionata sull'asse di simmetria e più vicina al bordo presenta una linea finale studiata per mantenere una distanza di passaggio tra questa e il bordo del modulo, per non interrompere il flusso dei percorsi all'interno dell'aggregazione modulare.

All'interno della progettazione delle colonne vengono studiate anche le chiusure superiori dei fori, impostate su 3 tipologie: la prima chiude il foro rimanendo al livello della coperta superiore in modo da non interrompere i percorsi, la seconda è caratterizzata da forme che permettono di creare sedute alte 50cm lungo i percorsi sempre mantenendo organicità e continuità strutturale, mentre la terza si spinge fino all'altezza di 90cm in alcune sue parti, raccordandosi alla coperta in altre per non generare una forma troppo invadente. Questi fori sono tutti dotati di sistemi mobili per il controllo dell'aerazione, mobili in caso di eventi atmosferici e trasparenti per garantire sempre il passaggio della luce. Oltre a permettere il passaggio della luce diurna, all'interno delle colonne viene anche posizionato il sistema di illuminazione artificiale, inserito nel guscio interno in corrispondenza del collegamento strutturale con la struttura orizzontale superiore. Questa parte di illuminazione viene pensata per funzionare in collaborazione con le fonti luminose che andranno inserite nella coperta inferiore.

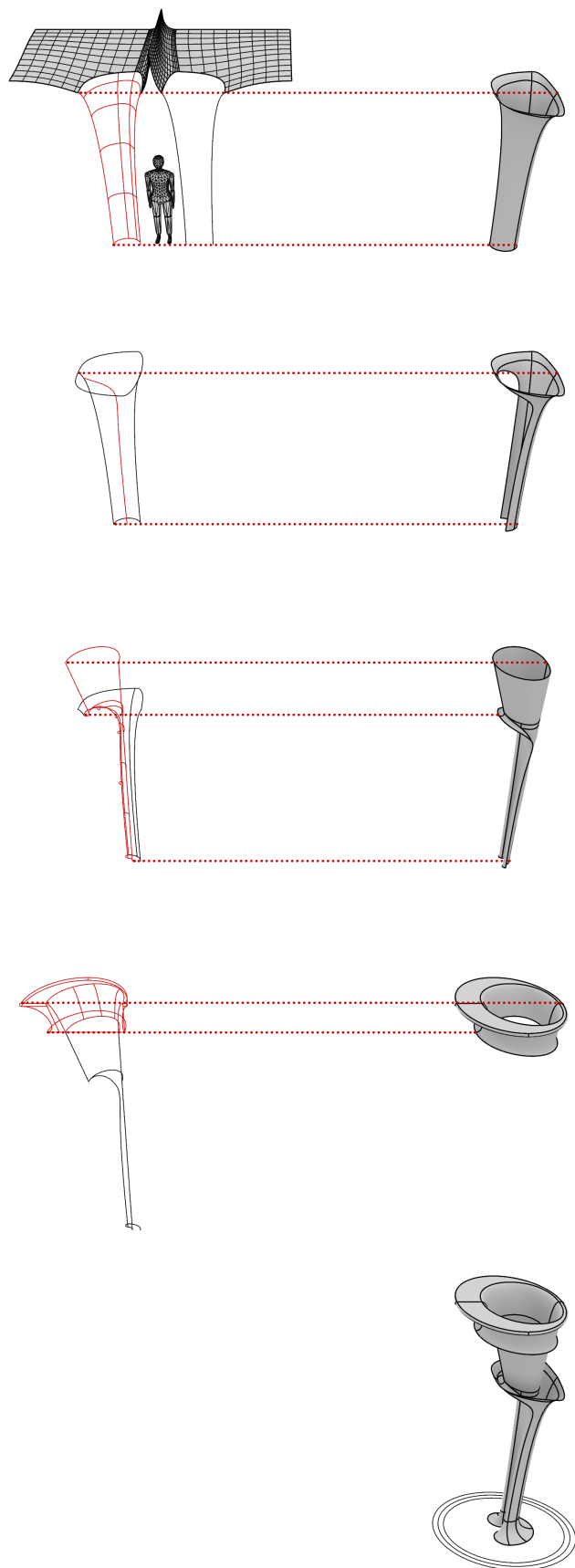
4.6.2_fasi di costruzione della colonna frontale

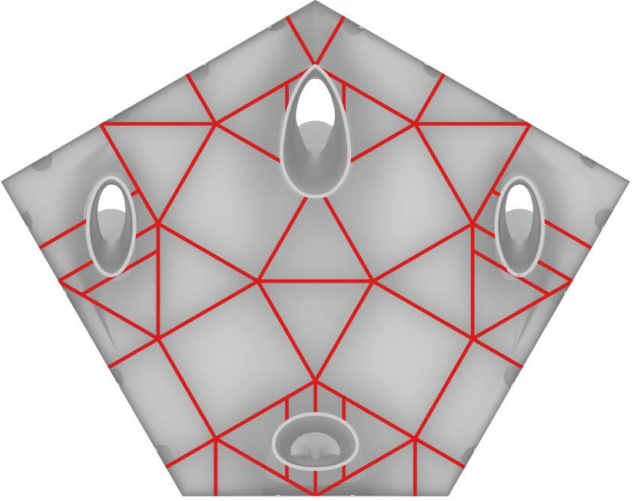
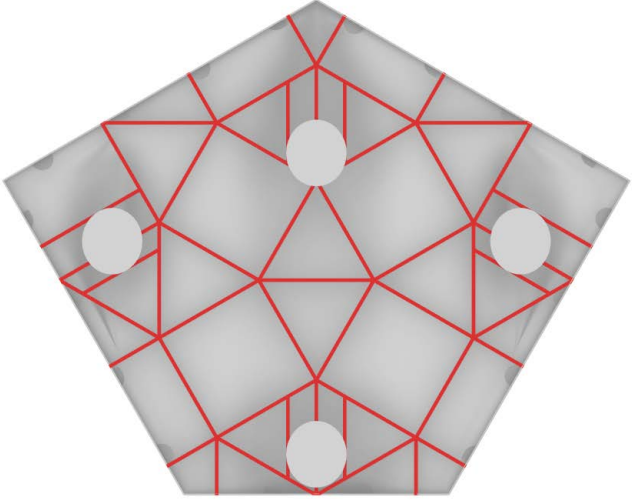


4.6.3_fasi di costruzione della colonna laterale



4.6.4_fasi di costruzione della colonna posteriore





4.7_ studio delle strutture interne

IRRIGIDIMENTI DELLO SCAFO E ATTACCHI TRA LE PARTI

Al fine di ottenere un'ottima resistenza strutturale complessiva ed un corretto collegamento tra gli elementi che compongono i vari moduli, vengono studiate le strutture interne di irrigidimento degli scafi, prassi tipica delle progettazioni di ingegneria navale. Queste strutture vengono previste sia per lo scafo inferiore che per la struttura orizzontale superiore e prodotte con le stesse geometrie. La forma degli irrigidimenti deriva direttamente dalla tassellazione duale della Cairo, composta da geometrie adatte a funzionare come di irrigidimento strutturale: parliamo di figure chiuse e regolari che formano una griglia.

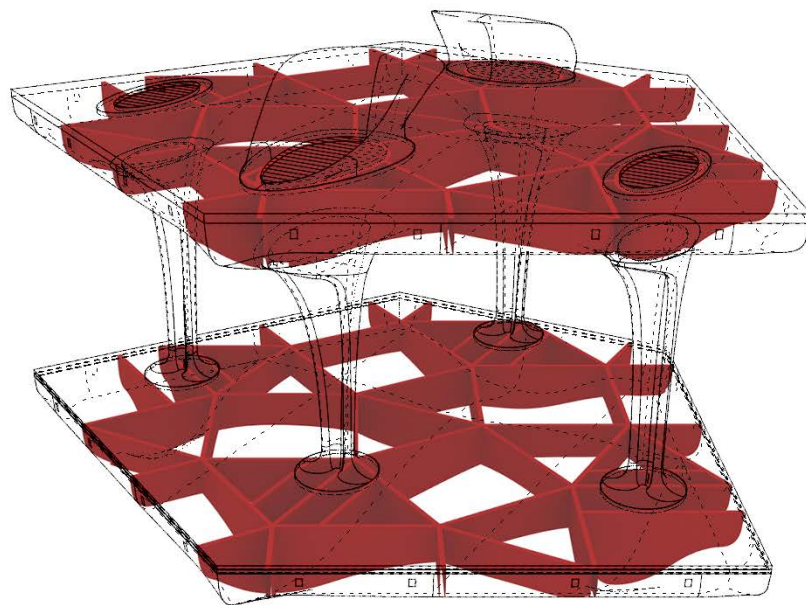
Partendo da questa configurazione, dimensionata con spazi vuoti dell'ordine dei 180cm e costruita sempre in modo simmetrico rispetto all'asse della figura base della tassellazione scelta, viene adattata la geometria in base ad alcuni fattori.

I sistemi di aggancio devono essere inseriti all'interno di spazi vuoti, posizionati, come descritto nei capitoli precedenti, in 4 posizioni simmetriche rispetto al centro dei lati; le colonne necessitano di una struttura maggiormente rinforzata alla loro base, in modo da distribuire al meglio i pesi, per questo, in queste posizioni, vengono divise ulteriormente le figure di irrigidimento in modo coerente con la composizione.

Vanno previsti anche volumi stagni, posizionati sempre in modo baricentrico, per l'alloggiamento degli impianti: due motori elettrici (funzionanti grazie al collegamento con l'impianto fotovoltaico che verrà descritto in seguito) vengono inseriti a poppa, agli estremi del lato corto del modulo, mentre a prua viene posizionato l'impianto di pompaggio, formato dalla pompa dell'acqua vera e propria e dall'impianto di aspirazione.

4.7.1_ irrigidimenti degli scafi

queste strutture derivano dalla tassellazione duale della Cairo, ideale per essere sfruttata come irrigidimento grazie alla geometria che la compone.



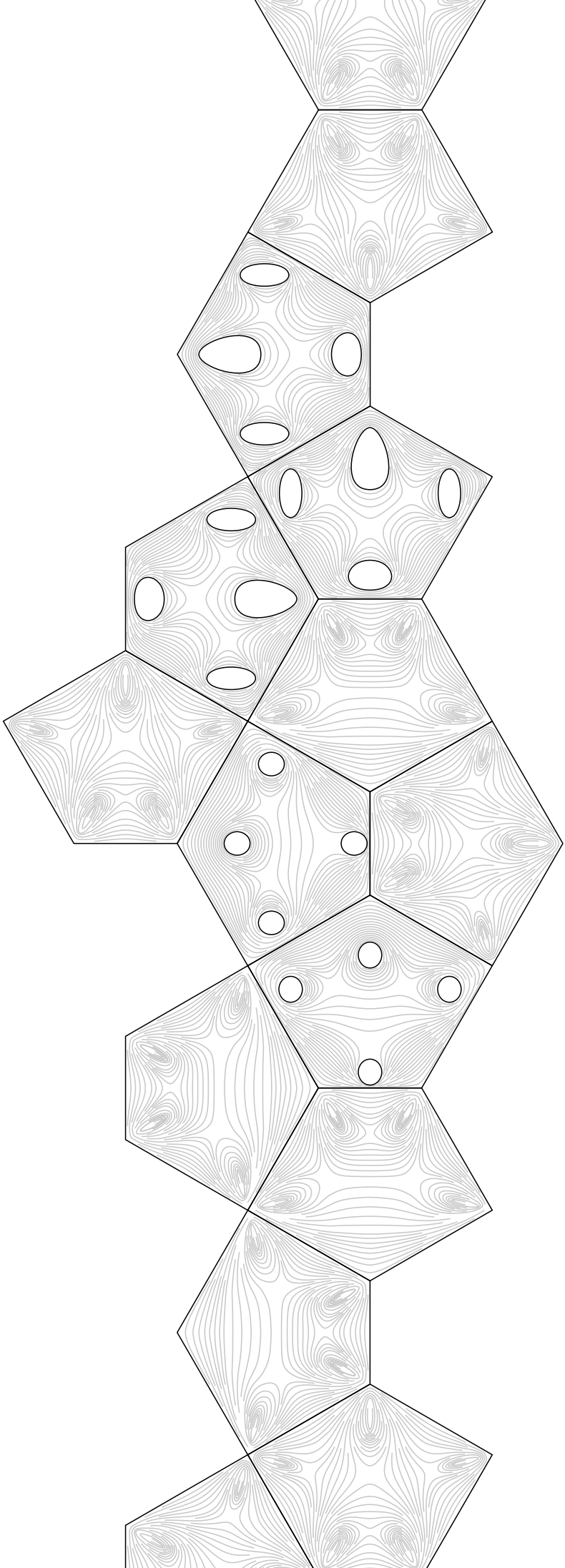
4.7.2_struttura di irrigidimento

gli irrigidimenti inseriti all'interno del modulo vengono progettati sulla base di molti fattori, tra cui il dialogo strutturale con le colonne.

L'impianto di pompaggio viene collegato alla parte dello scafo pensata per contenere la quantità d'acqua necessaria al controllo del livello di galleggiamento differenziale dei vari moduli: questo serbatoio deve essere posizionato il più possibile vicino al baricentro dello scafo e nei punti più bassi, per agire a vantaggio della stabilità di peso. Il controllo dell'affondamento dei vari moduli è fondamentale per un corretto funzionamento del sistema di aggancio e della modularità generale della struttura: ad esempio un modulo piatto, quindi composto solo da scafo e coperta superiore, sarà molto più leggero di un modulo con colonne alte 4m che reggono una struttura superiore, quindi dovrà immagazzinare acqua per affondare fino a raggiungere la quota comune. Questo serbatoio d'acqua viene creato facendo comunicare alcune zone della struttura di irrigidimento e chiudendo il perimetro con pareti stagne, quindi chiuse da giunti fatti con resine epossidiche. Deve essere previsto l'accesso a queste zone dello scafo mediante sistemi apribili inseriti nella coperta.

La griglia di irrigidimento viene realizzata con pannelli sandwich, formati da due strati di vetroresina di 6mm, che chiudono una lastra in poliuretano espanso rigido, materiale leggero e spesso 40mm: viene realizzato questo tipo di pacchetto strutturale poiché le strutture devono essere spesse per resistere a flessione ma anche leggere per non influire troppo sul peso totale. La griglia viene poi laminata allo scafo con ulteriori strati di vetroresina, per avere una struttura totale continua che collabora nell'assorbimento dei carichi. La griglia di irrigidimento dello scafo superiore deriva da quella dello scafo inferiore, essendo derivate dalla stessa forma, ma include al suo interno i fori per garantire la continuità di superficie (e di foratura) tra le colonne e le strutture superiori.

L'attacco tra scafo e coperta, formata da un sandwich di 37mm (due strati esterni di vetroresina da 6mm e l'interno in poliuretano espanso rigido da 25mm), viene realizzato modellando la forma della parte orizzontale come un coperchio che viene incastrato sopra lo scafo in modo da chiuderlo abbracciandolo all'esterno; in questo modo si ottiene maggiore solidità strutturale, evitando che lo scafo si deformi verso l'esterno. Le due parti vengono quindi carrozzate esternamente, per far scomparire il giunto e ottenere continuità di superficie. Le colonne e le chiusure superiori vengono collegate alle altre strutture attraverso sistemi composti da flange e prigionieri annegati nelle strutture che devono essere unite.



4.8_design dei percorsi

LINEE DI FLUSSO E STUDIO DELLE STRUTTURE DI COLLEGAMENTO

Seguendo l'approccio della progettazione integrata, viene studiato il design delle superfici che compongono i percorsi, in modo da realizzare un sistema adatto al funzionamento modulare del progetto, che rimanga anch'esso coerente nonostante la riconfigurabilità dell'aggregazione.

Le linee vengono pensate su ogni zona calpestabile, e funzionano come guida all'interno dei flussi che attraversano tutte le possibili configurazioni modulari; in più, oltre a funzionare come impatto percettivo, diventano anche sedi per il sistema di illuminazione e fughe per la canalizzazione delle acque.

La composizione viene studiata sulla base di linee organiche posizionate sulle superfici, derivate direttamente dalla forma della figura Cairo e dalle impronte delle strutture sulle coperte.

Per arrivare al design più adatto viene studiata una definizione parametrica (una serie di comandi impostati all'interno del software), in modo da poter fare diverse prove di variazione di alcuni parametri. Il processo di costruzione si ripete per le 4 tipologie di superfici piane e si arriva a 4 configurazioni di linee.

La definizione studiata prende in ingresso una delle superfici sotto forma di mesh e ne estrae i punti sui bordi: nel caso della superficie con le sedi delle colonne ci saranno 4 bucatore all'interno della mesh. I punti vengono impostati come ancoraggi delle superfici e possono essere spostati (in questo caso in verticale) per generare membrane tridimensionali.

4.8.1_i flussi all'interno dei percorsi

questo studio porta al progetto del design dei percorsi; le linee che verranno studiate funzionano sulla base dei principi di modularità e tiling studiati in precedenza, in modo che anche questa parte progettuale sottolinei il funzionamento della soluzione architettonica.

Queste membrane vengono successivamente sezionate con piani orizzontali e vengono estratte le linee di livello che ne derivano: queste linee, proiettate sulla superficie di partenza, funzionano come linee di guida nei percorsi, e vengono studiate in modo da comunicare tra loro in termini di curvatura.

Il processo contiene alcune variabili che permettono di effettuare variazioni nella forma delle linee; è possibile innanzitutto spostare a diverse altezze i punti di ancoraggio che controllano la forma delle membrane, variandone l'inclinazione e cambiando di conseguenza la composizione delle linee finali. Può essere controllata anche la distanza tra i piani di taglio della membrana in modo da avere linee più o meno ravvicinate all'interno della composizione finale.

Questo processo viene ripetuto, come detto, per tutte le tipologie di superfici, indagando per ognuna possibili variazioni della composizione finale, in modo da ottenere 4 configurazioni che comunichino tra loro con gli stessi principi di modularità e tiling utilizzati per le altre fasi di progetto.

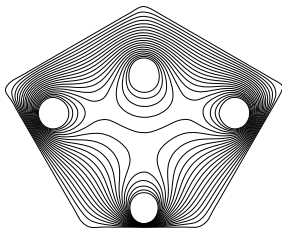
Le linee vengono infine tagliate, nelle parti in cui risultano maggiormente concentrate, costruendo le linee di massima pendenza, che costituiscono la configurazione perpendicolare a quella studiata.

Sulla base di due di queste configurazioni vengono costruite le forme delle scale dei moduli di collegamento, scegliendo alcune linee come spigoli di estrusione dei gradini. Anche il design di questi elementi viene fatto sulla base dei principi di organicità ed integrazione tettonica delle forme.

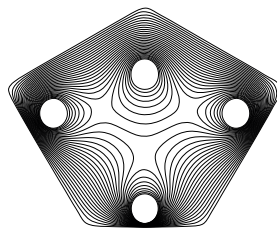
4.8.2_variazione delle linee per la coperta con colonne

vengono indagate le possibilità di variazione delle linee prodotte dalle sezioni della mesh. La variazione viene controllata attraverso i punti di ancoraggio presenti sui bordi liberi e decidendo, per ogni caso specifico, la distanza in altezza tra le sezioni successive. In evidenza il caso scelto per le fasi di progetto che seguiranno.

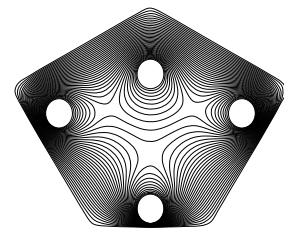
Questo studio viene ripetuto per tutte e 4 le tipologie di coperta.



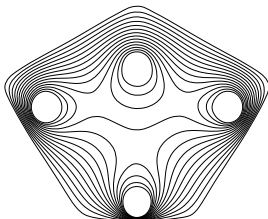
*altezza punti_0.5m
distanza taglio_0.050m*



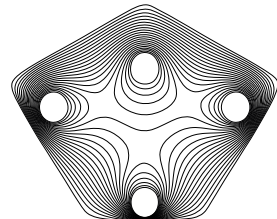
*altezza punti_1.0m
distanza taglio_0.052m*



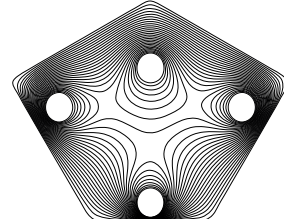
*altezza punti_1.5m
distanza taglio_0.053m*



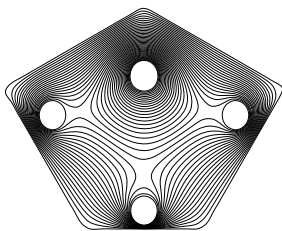
*altezza punti_0.5m
distanza taglio_0.069m*



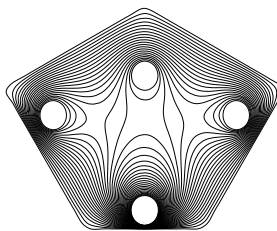
*altezza punti_1.0m
distanza taglio_0.070m*



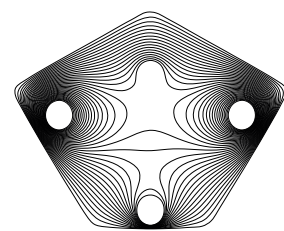
*altezza punti_1.5m
distanza taglio_0.073m*



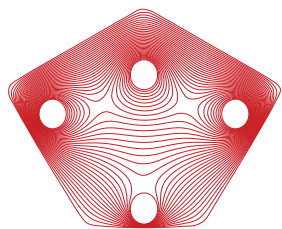
*altezza punti_2m/1m/1m
distanza taglio_0.050m*



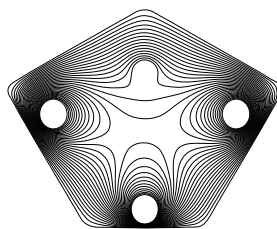
*altezza punti_1m/1m/2m
distanza taglio_0.050m*



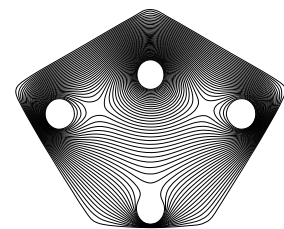
*altezza punti_1m/2m/1m
distanza taglio_0.059m*



*altezza punti_2m/2m/1m
distanza taglio_0.059m*

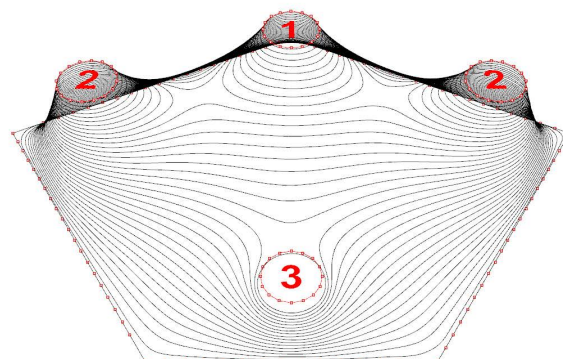
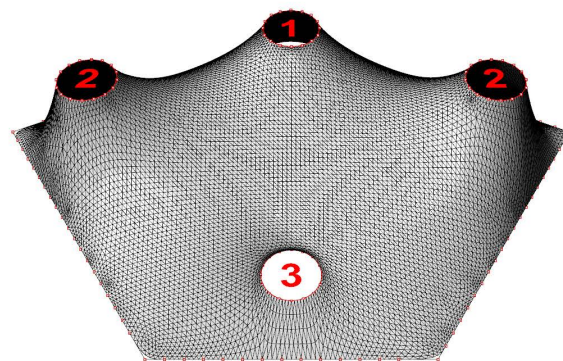
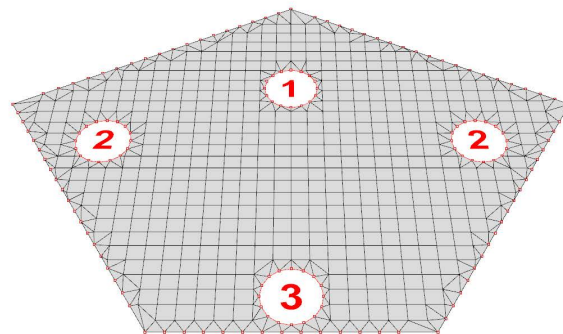
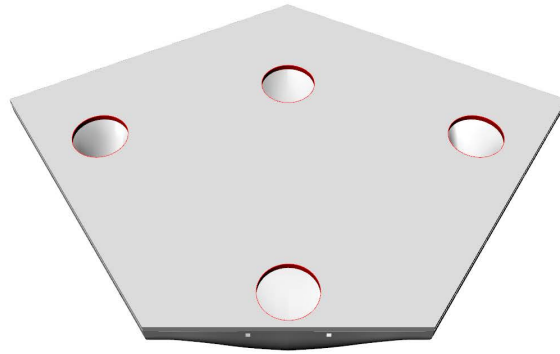


*altezza punti_1m/2m/2m
distanza taglio_0.065m*

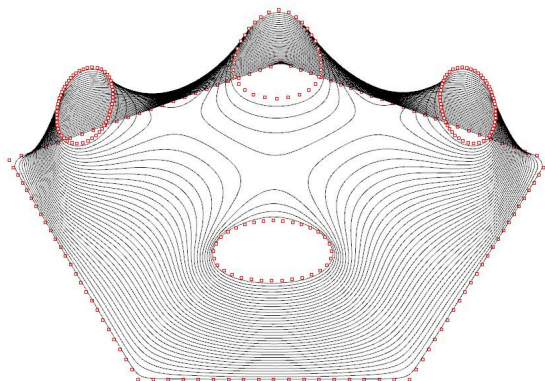
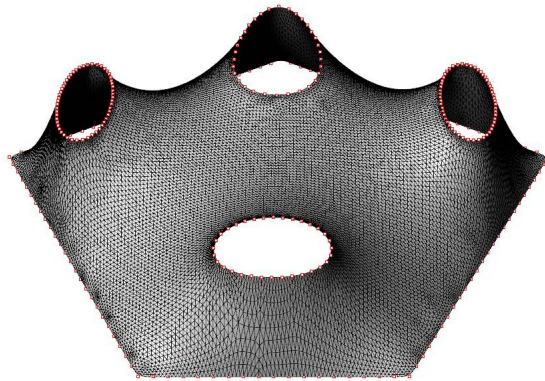
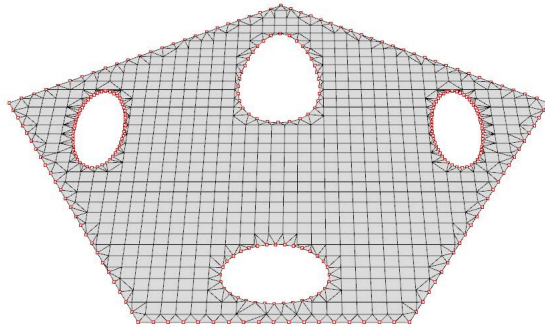
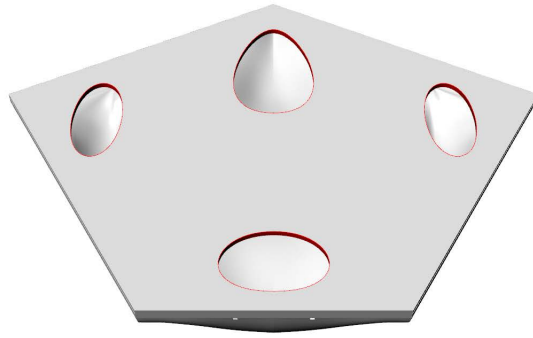


*altezza punti_3m/2m/1m
distanza taglio_0.061m*

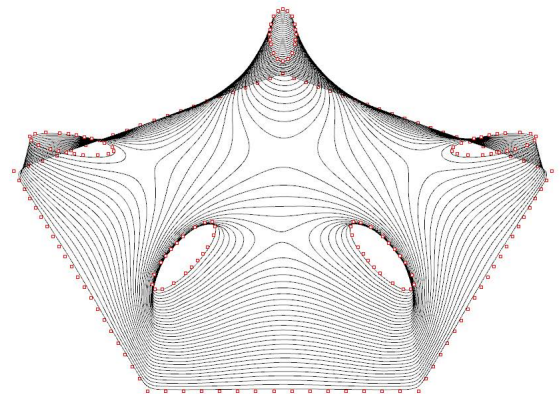
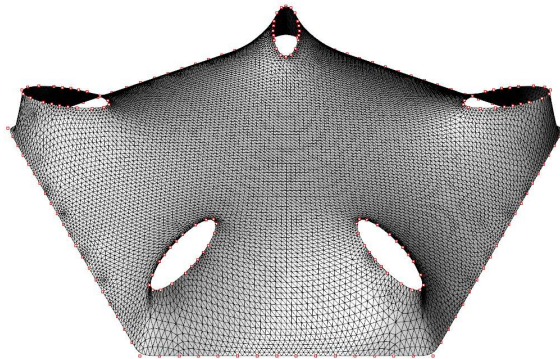
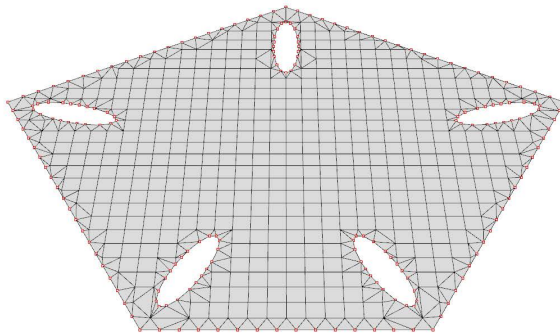
4.8.3_studio delle linee di flusso, coperta per colonne



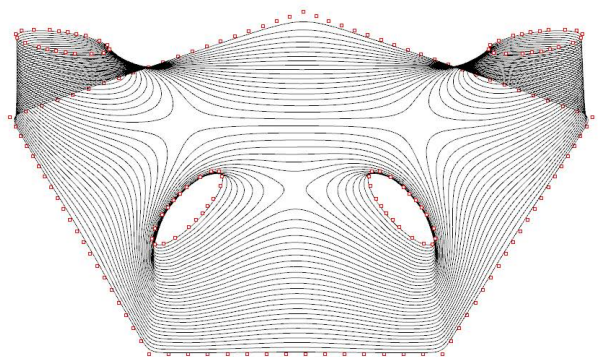
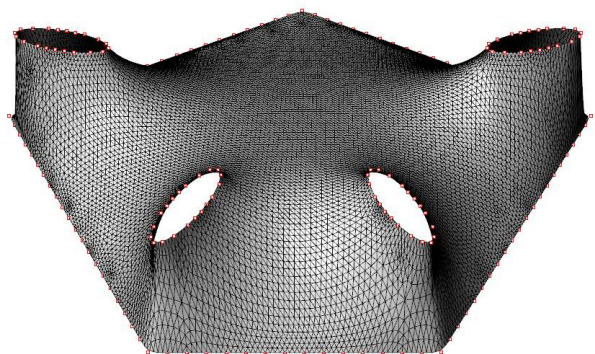
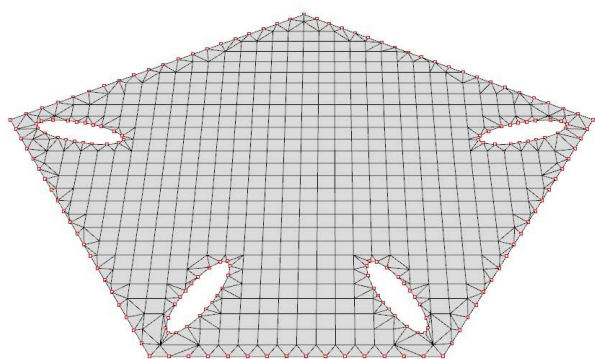
4.8.4_studio delle linee di flusso, coperta superiore

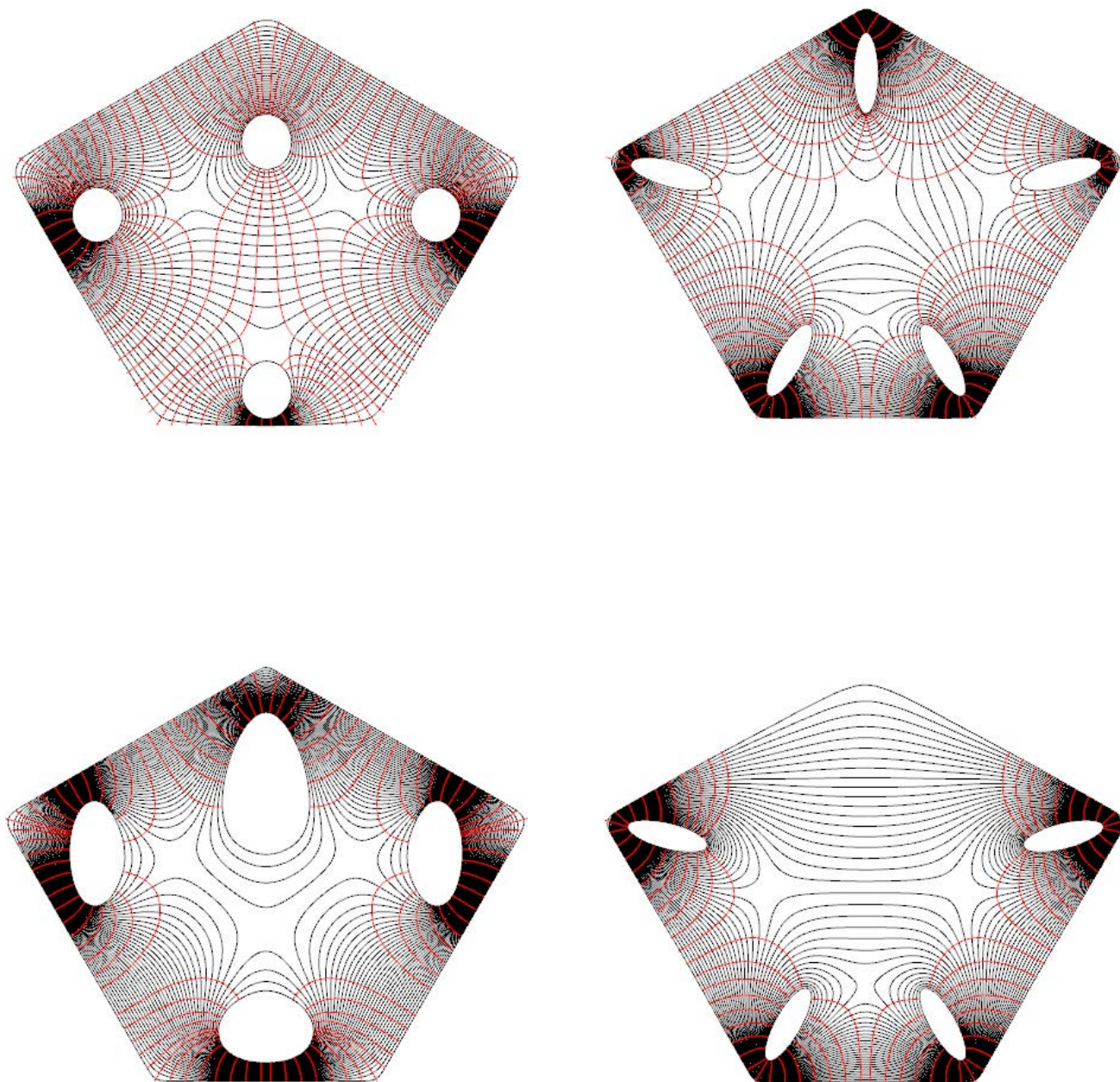


4.8.5_studio delle linee di flusso, coperta piatta



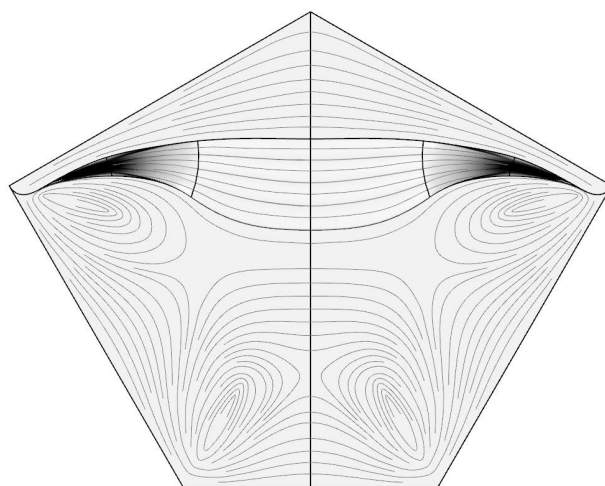
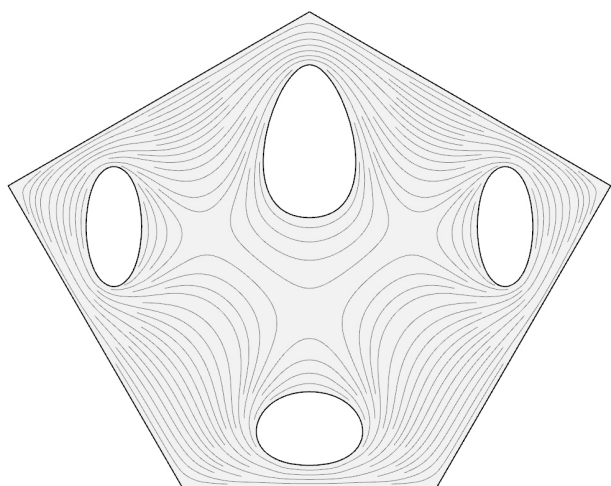
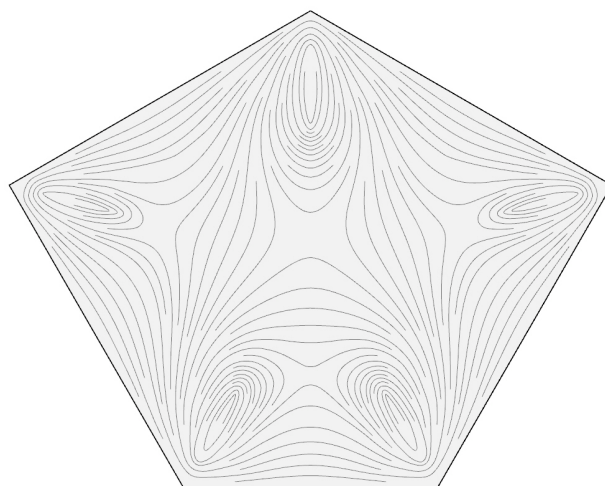
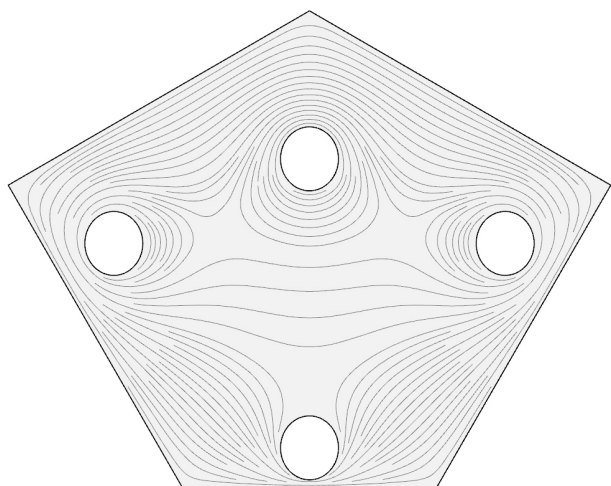
4.8.6_studio delle linee di flusso, coperta per collegamenti





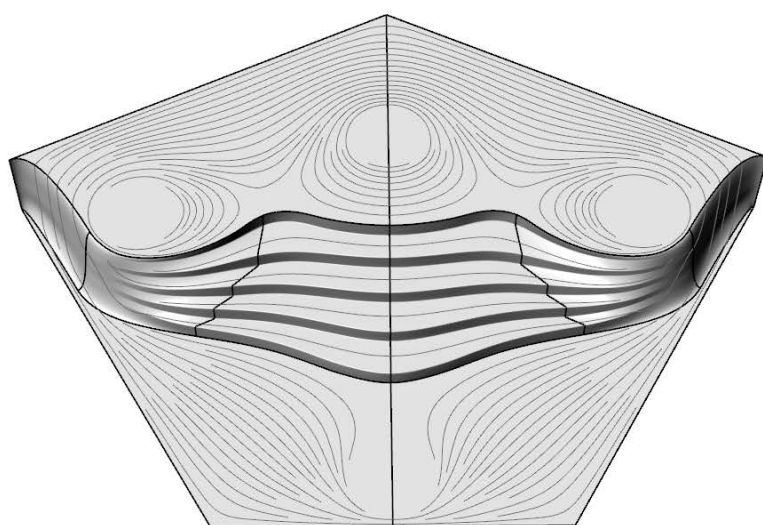
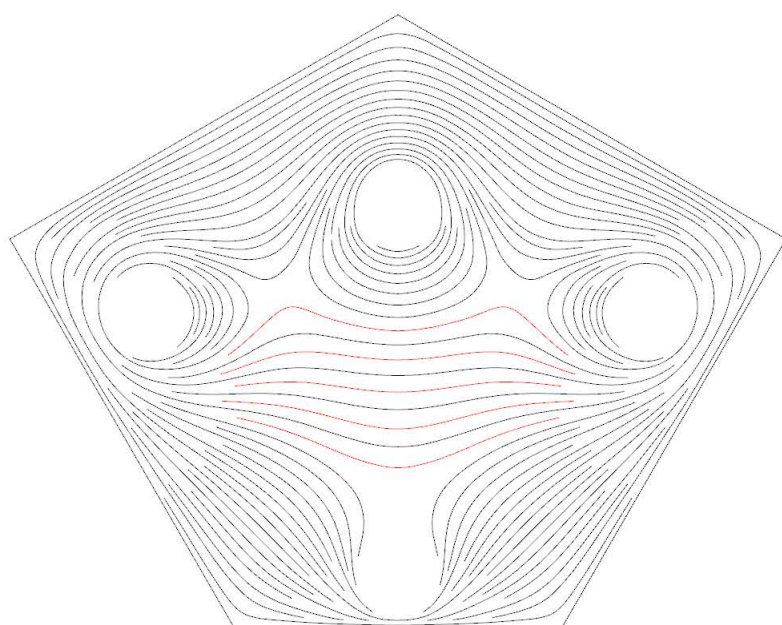
4.8.7 configurazioni scelte e linee di massima pendenza

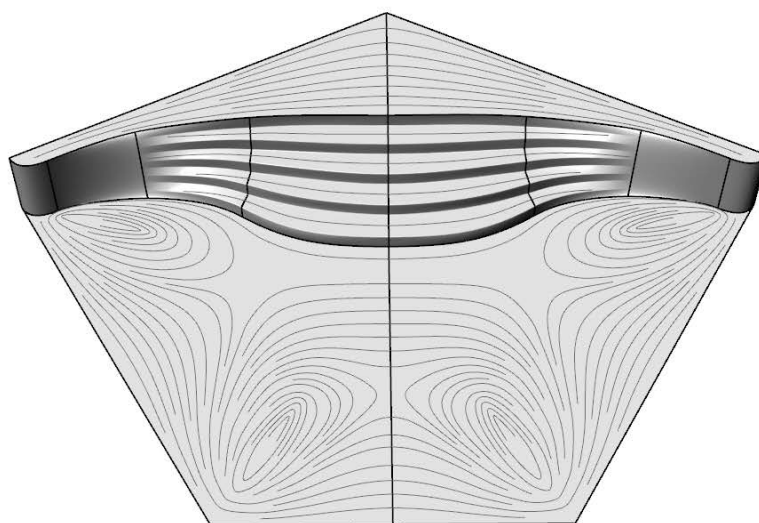
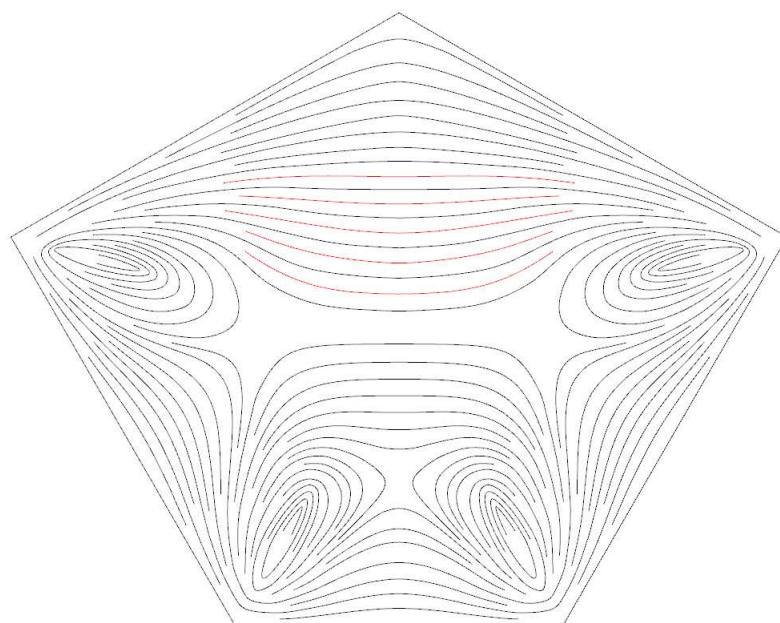
vengono scelte le configurazioni più adatte agli scopi progettuali, che vengono tagliate nei punti in cui risultano troppo ravvicinate (in base alla linee di massime pendenza perpendicolari alle configurazioni).



4.8.8 linee tagliate, configurazioni di progetto

per ogni tipologia di coperta si arriva a definire una composizione di linee che verrà usata nella soluzione architettonica.





4.8.9_design delle scale di collegamento

sulla base delle linee ottenute negli studi precedenti, vengono modellate le scale seguendo sempre i principi di organicità e integrazione tettonica delle parti. Gli spigoli degli scalini derivano direttamente da alcune linee delle configurazioni base.

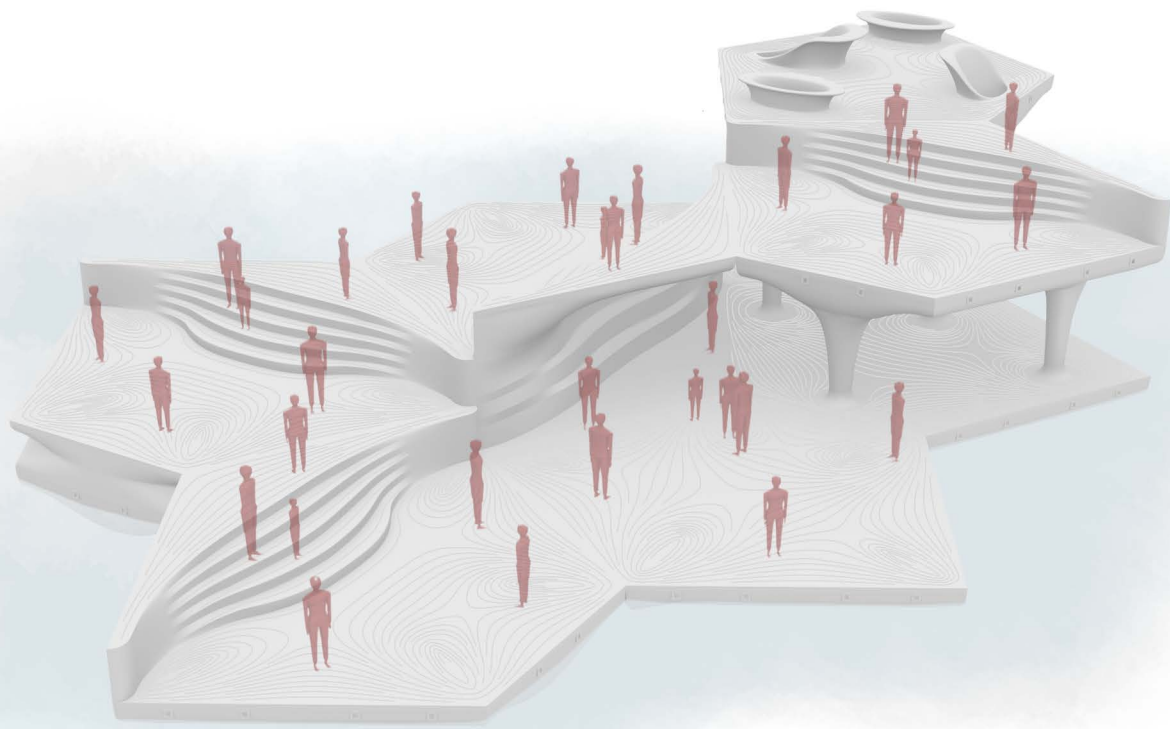
Nella fase finale di progetto viene studiato anche il design delle chiusure verticali dei moduli di collegamento, derivate sempre dall'approccio organico e di continuità delle superfici che compongono le strutture. Il design di queste parti viene pensato come una membrana ancorata alle linee di bordo date dalle strutture già presenti nel modulo. Rimuovendo l'ancoraggio lungo la verticale centrale, la superficie agisce come una membrana che si tira, formando una curvatura organica che dialoga con il resto delle parti. Particolare attenzione viene prestata verso la curvatura verticale delle parti adiacenti ai bordi, per avere continuità delle superfici, verso la presenza di sufficiente superficie verticale per l'inserimento dei giunti che devono stare necessariamente in comunicazione con i fori dei moduli già realizzati e verso la generazione di una struttura non rettilinea garantisce maggiore rigidità all'intera composizione. Le forme, soprattutto per i due moduli rialzati sui 5 lati, si ispirano alle soluzioni adottate per la prua degli scafi nello yacht design; in particolare i doppi (o tripli) scavi nella membrana vanno a sottolineare il funzionamento proprio del modulo, che viene effettivamente rialzato per permettere il corretto collegamento dei percorsi secondo il principio di tassellazione tridimensionale basato sulla struttura ad elicoide.

Il modulo di collegamento tra 2m e 3m consente di progettare un area di passaggio al di sotto della zona più alta: qui vengono previste delle sedute all'interno della forma della chiusura, pensate per integrarsi al meglio con le forme della soluzione architettonica.

4.8.10 chiusure verticali dei moduli di collegamento

la definizione delle forme non si ferma ai percorsi: vengono studiate le forme delle superfici che chiudono verticalmente i moduli di collegamento sulla base dei principi progettuali utilizzati in precedenza.





4.9_ abaco delle tipologie modulari

PARTI ASSEMBLABILI PER LA COSTRUZIONE DEI MODULI

Inizialmente, partendo dallo studio del comportamento della tassellazione Cairo è stato definito, come output finale della prima fase (geometrica) della progettazione, un abaco di tipologie modulari, impostate come schemi di funzionamento.

Con il percorso fatto nella fase successiva, vengono sviluppate le forme delle superfici, progettate le strutture e definito il design di tutti gli elementi costruttivi necessari per la composizione delle diverse tipologie modulari. La progettazione produce, quindi, un abaco di elementi che possono essere assemblati per comporre i diversi moduli.

4.9.1_ dimostrazione di modularità, principio dell'elicoide

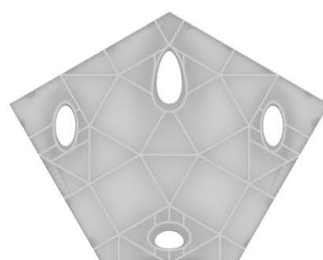
questa aggregazione di alcune tipologie modulari dimostra il rispetto dei principi di tiling della tassellazione Cairo, dall'inizio alla fine del progetto. Viene realizzato il principio dell'elicoide con i moduli finali.

4.9.2_abaco degli elementi

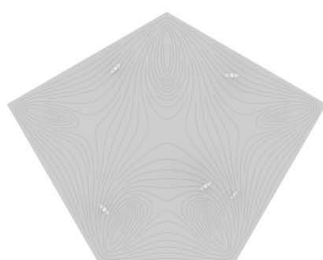
*rappresentazione in pianta dei vari elementi che vengono assemblati
per costruire le tipologie modulari*



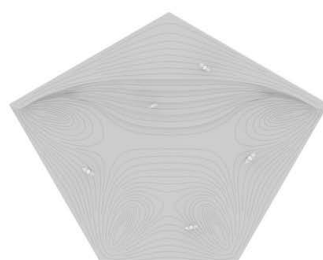
scafo inferiore



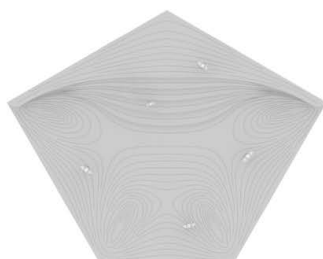
scafo superiore (struttura orizzontale)



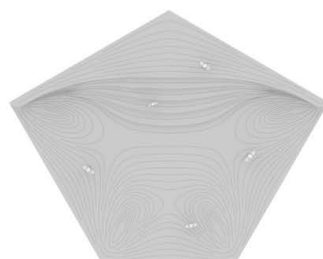
coperta piatta inferiore



coperta per collegamento da 1m



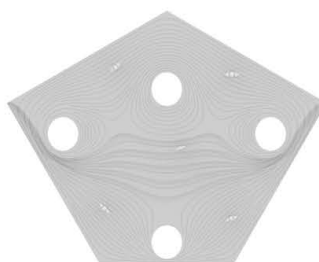
coperta per collegamento da 2m



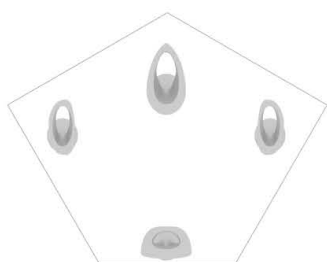
coperta per collegamento da 3m



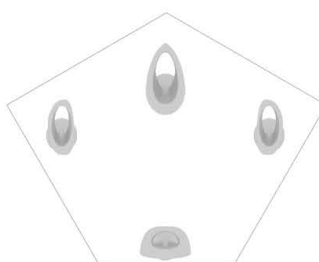
coperta per colonne



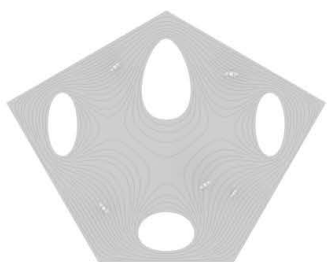
coperta per colonne con scale



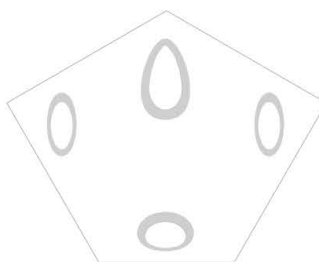
colonne alte 4m



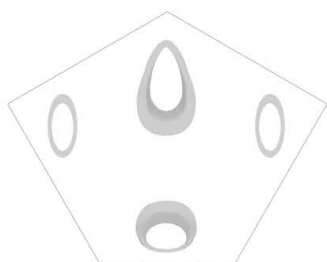
colonne alte 3m



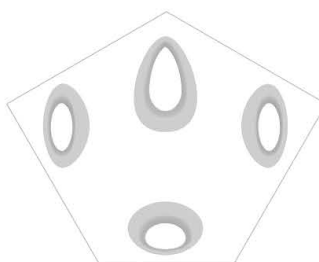
coperta superiore



chiusure superiori piatte



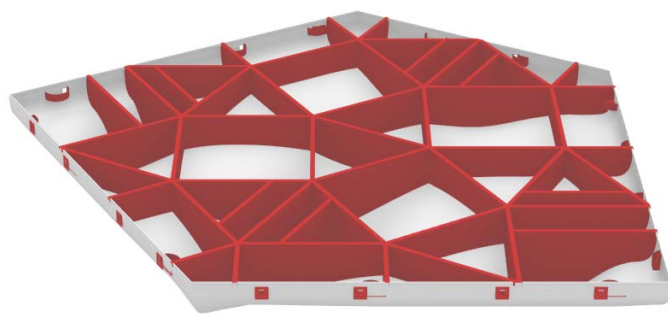
chiusure superiori alte 50cm



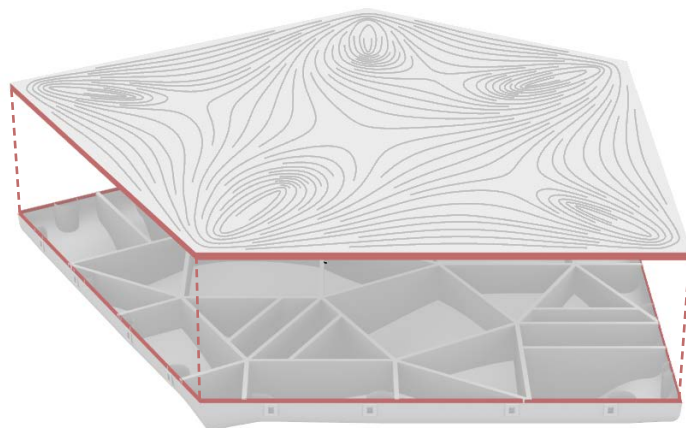
chiusure superiori da 90cm

4.9.3_costruzione delle tipologie modulari

le tipologie sono tutte basate sullo stesso scafo inferiore, al di sopra del quale vengono composte diverse combinazioni. Qui viene mostrata la costruzione dei moduli di collegamento.



[1_scafo inferiore + irrigidimento + sistema di aggancio]



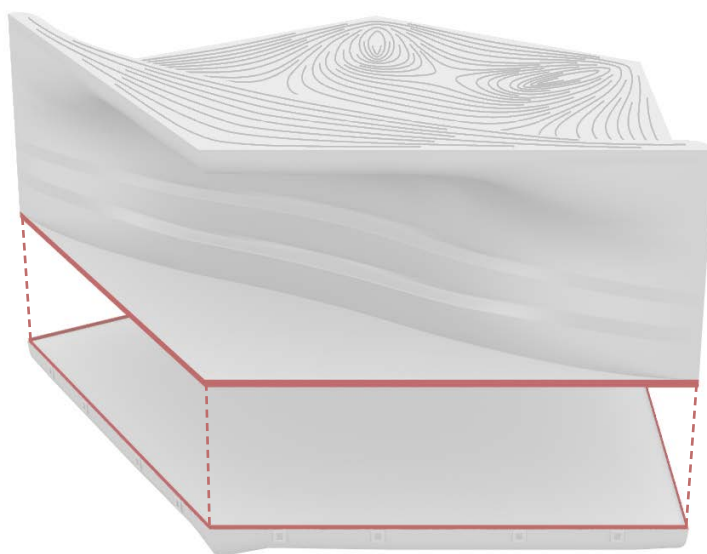
[1] + [2_coperta piatta]



[1] + [coperta di collegamento da 1m]



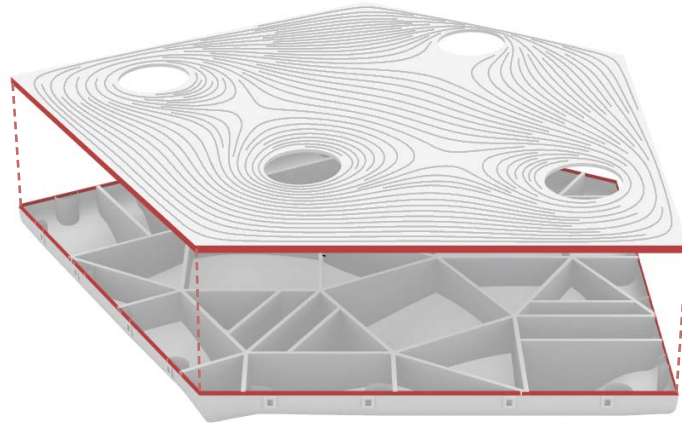
[1] + [coperta di collegamento da 2m]



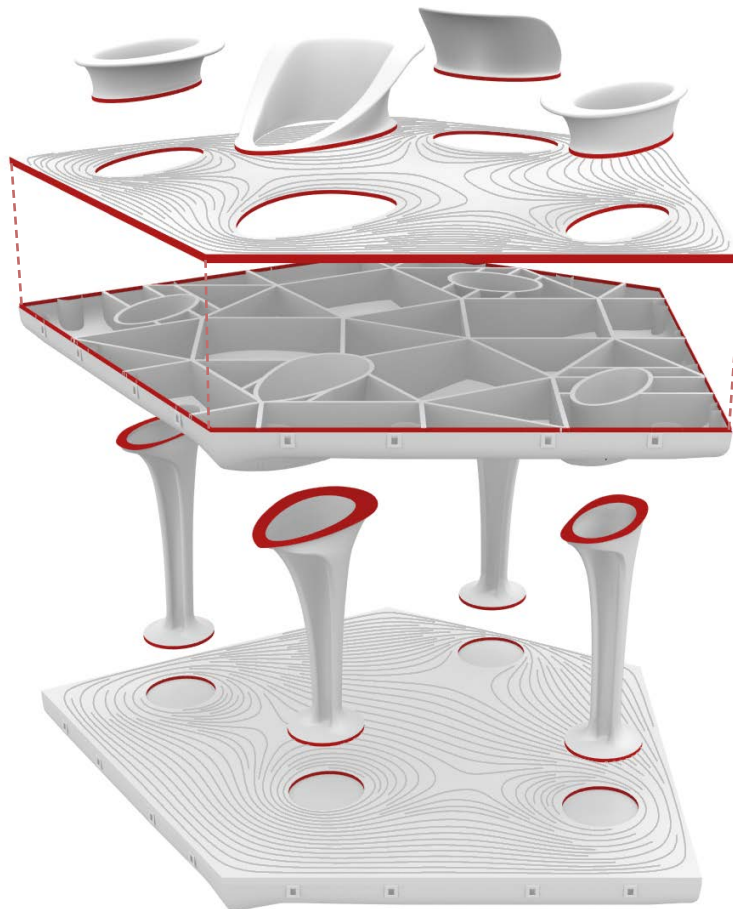
[1] + [coperta di collegamento da 3m]

4.9.4_ costruzione delle tipologie modulari

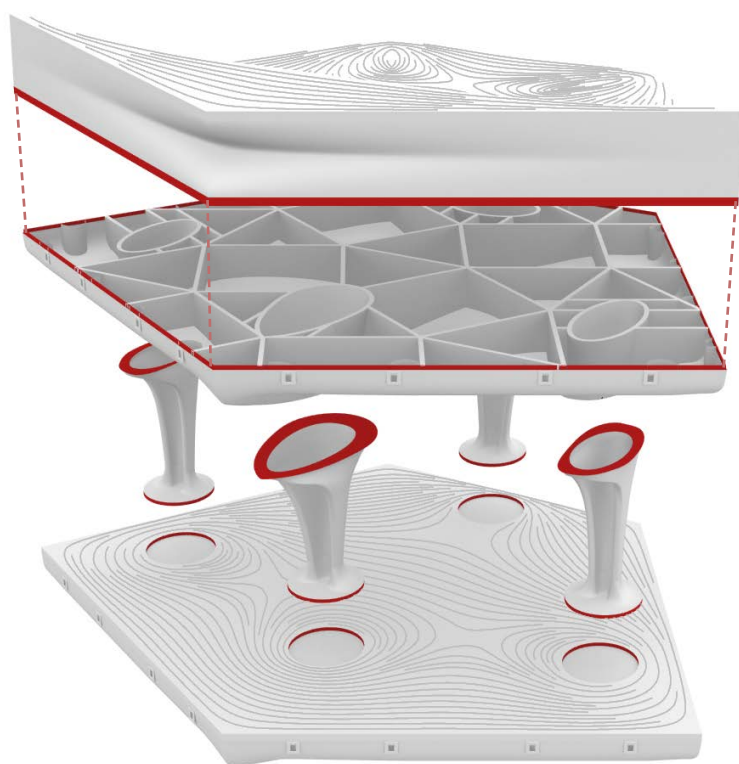
le tipologie sono tutte basate sullo stesso scafo inferiore, al di sopra del quale vengono composte diverse combinazioni. Qui viene mostrata la costruzione dei moduli con sviluppo su due livelli.



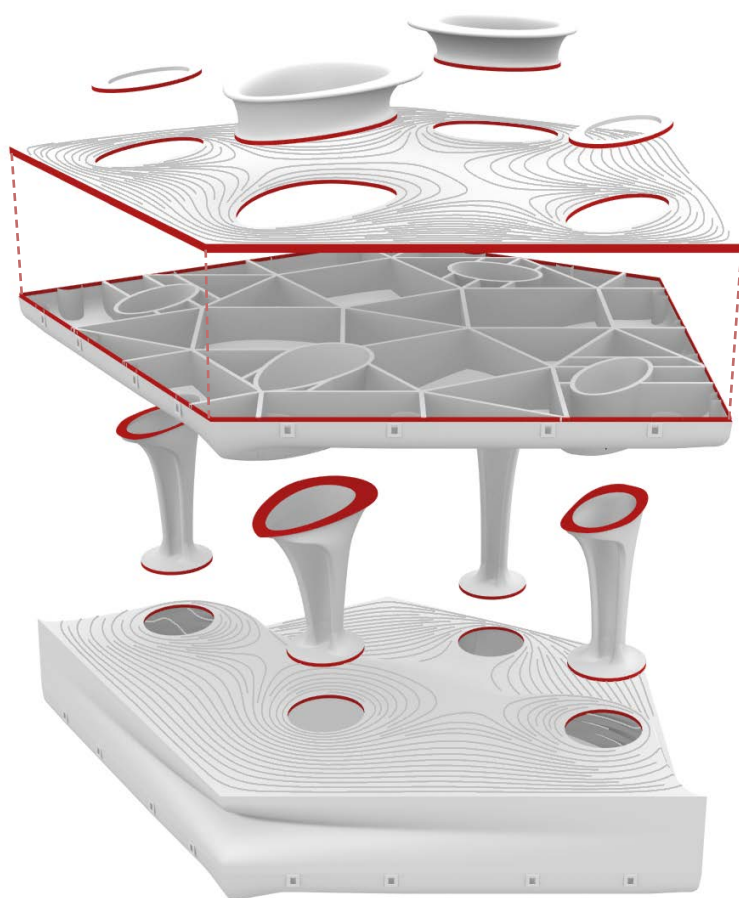
[1] + [3_coperta per colonne]



[1] + [3] + [colonne 4m + scafo superiore + coperta superiore + chiusure superiori]

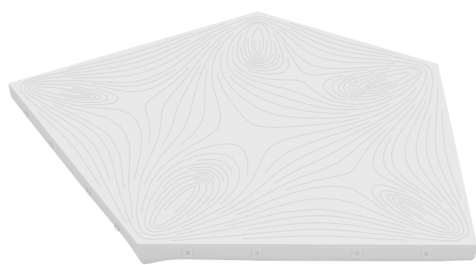


[1] + [3] + [colonne 3m + scafo superiore + coperta di collegamento da 1m]

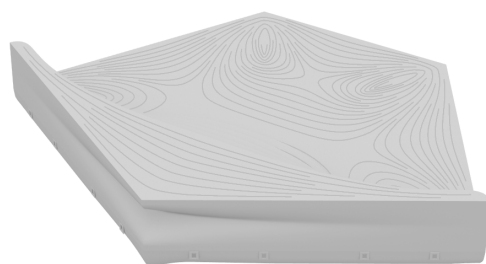


[1] + [collegamento da 1m per colonne + colonne miste + scafo superiore + coperta superiore + chiusure]

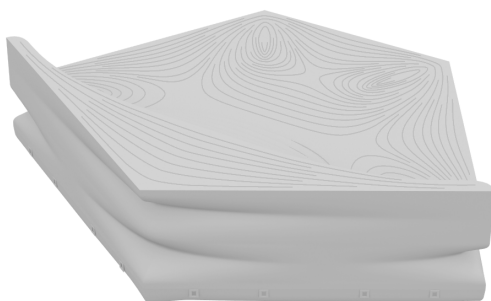
4.9.5_abaco delle tipologie modulari



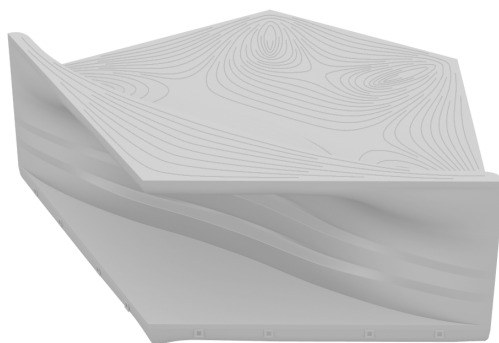
modulo piatto



modulo di collegamento da 0m a 1m



modulo di collegamento da 1m a 2m



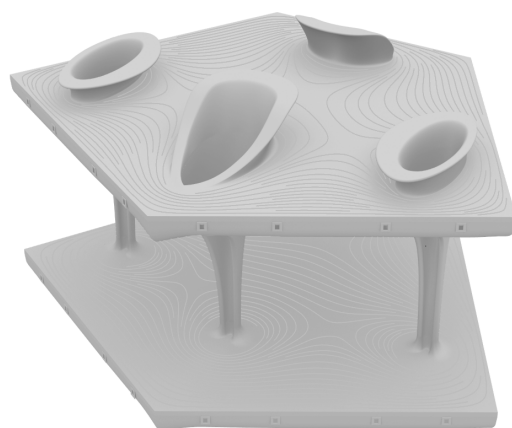
modulo di collegamento da 2m a 3m



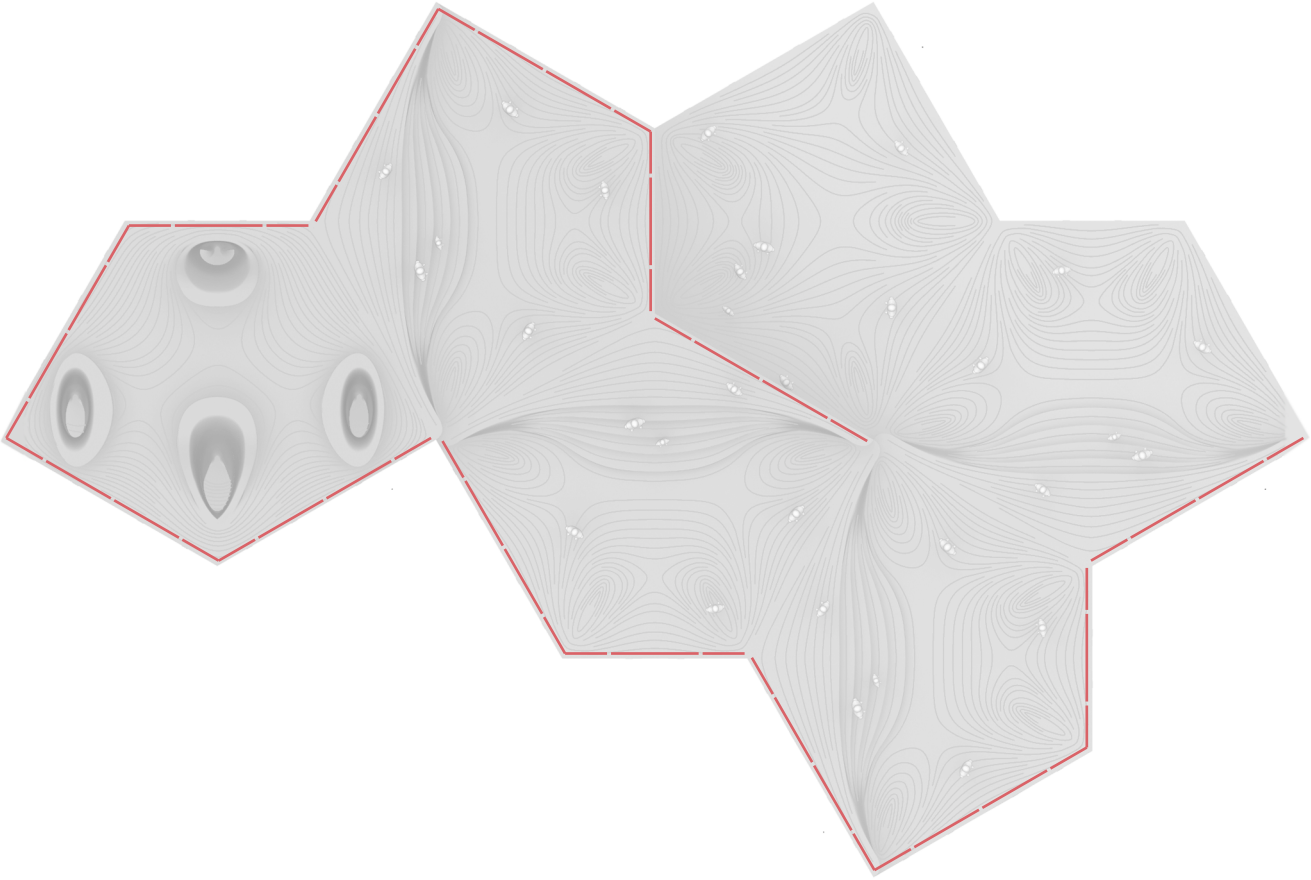
modulo a doppio livello con collegamento tra 3m e 4m



modulo a doppio livello con collegamento tra 0m e 1m



modulo con secondo livello a 4m



4.9_applicazione reale

STUDI PER L'ATTIVAZIONE DELLE SUPERFICI

Per arrivare al funzionamento reale delle strutture modulari studiate, vanno fatti alcuni ragionamenti ulteriori.

Il concept di progetto che prevede una soluzione architettonica capace di aiutare il comparto darsena durante il suo sviluppo, non deve arrivare a creare spazi che finiscano per essere una copia degli spazi sulle banchine: vanno diversificate le funzioni e controbilanciati gli spazi urbani di collegamento, inserendo attività all'interno dei percorsi e offrendo nuove possibilità generando anche un'influenza positiva sugli spazi adiacenti.

I moduli vengono creati con dimensioni adatte all'inserimento di attività: può essere sfruttato un solo modulo per piccole attività di 54mq, oppure più moduli vicini per spazi più grandi.

L'inserimento di parapetti viene studiato per le strutture superiori e per le scale, inseriti in modo da risultare meno invasivi possibile rispetto alle forme e alle linee dei moduli. Anche questo studio viene fatto rispettando la modularità che caratterizza tutte le parti progettate, inserendo le barriere in modo simmetrico rispetto ai centri dei lati, secondo lo stesso principio utilizzato per lo studio del sistema di aggancio.

Viene pensato un sistema di chiusura attuabile sui moduli dotati di strutture orizzontali superiori (quindi di colonne) composto da tendaggi arrotolati in apposite sedi all'interno della coperta inferiore che, in caso di necessità, possono essere estratti e disposti su guide verticali che partono dalla coperta e vengono agganciate ad appositi elementi sullo scafo superiore. In questo modo è possibile chiudere le attività e proteggerle sia dagli eventi atmosferici che dalle temperature estive o invernali.

4.9.1_inserimento modulare dei parapetti

gli elementi di protezione vengono pensati con un design che ne permette l'adattamento al funzionamento modulare delle strutture: i setti singoli possono essere inseriti e rimossi al bisogno, permettendo sempre la riconfigurabilità del sistema.

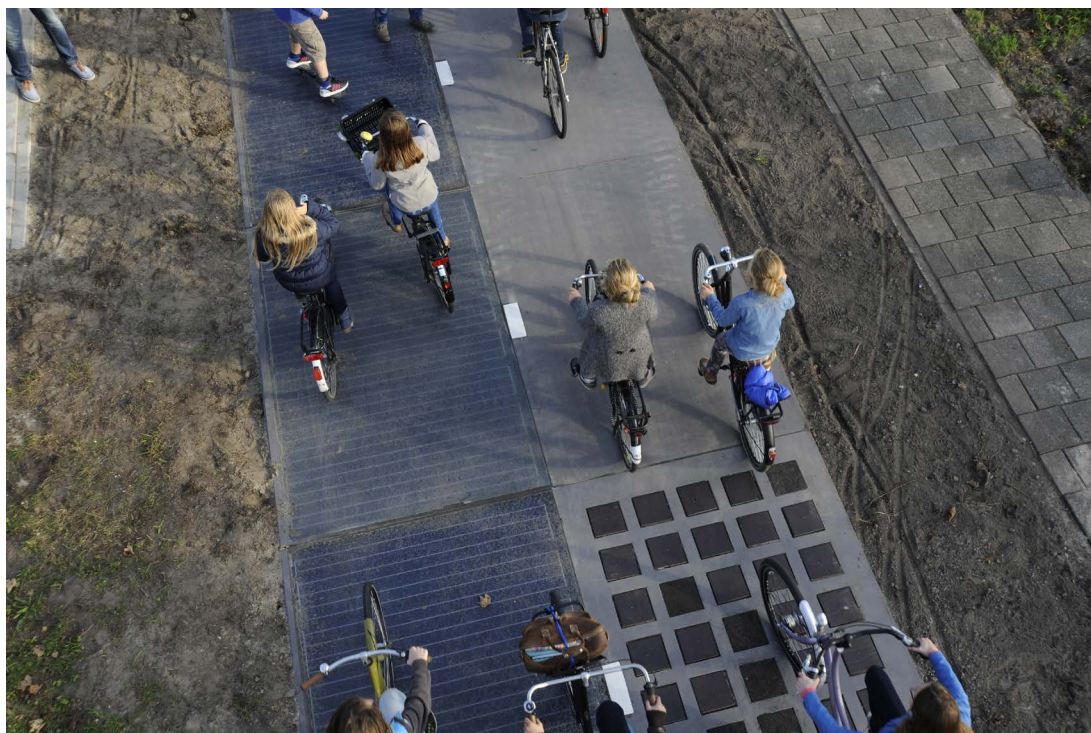
Le attività possono anche essere dotate di sistemi di controllo climatico, costituito da un impianto che produce acqua nebulizzata: viene previsto un sistema di pompaggio dell'acqua di mare all'interno di un desalinizzatore che immagazzina acqua utilizzabile; un sensore di temperatura e umidità regola, quindi, la temperatura dell'aria attraverso la produzione di acqua nebulizzata immessa nell'ambiente tramite ugelli posti sulle parti superiori delle colonne.

Viene studiato anche un sistema di illuminazione, sfruttando il design di alcuni elementi progettuali; le principali fonti di illuminazione artificiale vengono previsti all'interno dei fori delle colonne, dai quali passa anche la luce solare nelle ore diurne; la fonte luminosa viene inserita in corrispondenza dell'aggancio tra colonna e scafo superiore, in modo da essere integrata al meglio con la struttura. Vengono anche previste delle strisce di illuminazione LED in corrispondenza delle linee di guida nei percorsi che, in questo modo, non perdono la loro forza in mancanza di luce solare, anzi, vengono sottolineati il funzionamento modulare e le forme base proprie della tassellazione Cairo.

La struttura, essendo mobile e riconfigurabile, viene pensata come indipendente dalle reti: per questo motivo viene pensata l'attivazione delle superfici piane con un sistema solare amorfo, in modo da catturare e immagazzinare l'energia solare per usi interni come, ad esempio, il funzionamento dei motori e delle attività.

Il sistema viene studiato all'interno delle pavimentazioni, delle quali costituisce parte integrante: al di sopra della parte strutturale (il sandwich in vetroresina e poliuretano espanso rigido) vengono posate le celle amorphe, collegate al sistema di immagazzinamento dell'energia; l'impianto deve essere coperto da una struttura trasparente e calpestabile, studiata in modo che non si sporchi o diventi opaca e che sia adatta alla percorribilità. Per questi motivi viene pensata l'applicazione di una superficie stampata in resina, sulla base dell'esempio della pista ciclabile "Solaroad" costruita in Olanda, caratterizzata da scanalature per le linee di flusso e una superficie ruvida antisdrucchiolo.

Il materiale viene anche studiato con una composizione tale da mantenersi pulito nel tempo, senza frequenti interventi esterni, garantendo il corretto funzionamento del sistema anche in caso di uso intensivo dei percorsi.



4.9.2_l'esempio della Solaroad, Olanda, 2015

da questo riferimento non viene ripresa la tecnologia utilizzata, ma il principio di avere un percorso calpestabile attivato energeticamente. Il materiale utilizzato per la superficie oltre ad essere trasparente e antiscivolo, deve essere in grado di mantenersi il più possibile pulito senza interventi esterni frequenti.

4.9.3_pagina successiva, elaborazione grafica dell'inserimento progettuale lungo le banchine della Darsena





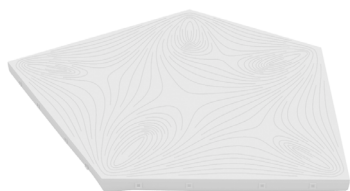
Prototipazione

REALIZZAZIONE DI UN MODELLO FUNZIONALE

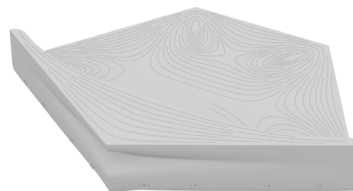
5.1_dalla modellazione al prototipo

5.2_processo e realizzazione

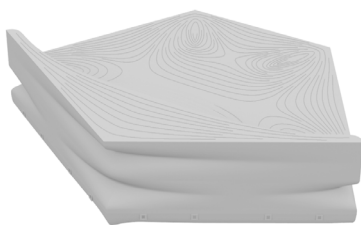
0.5



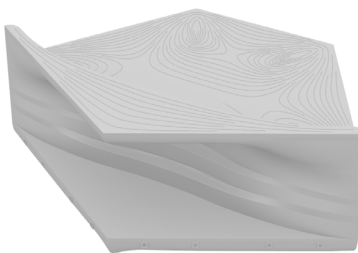
x7



x1



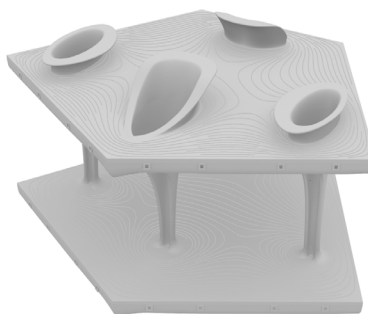
x1



x1



x1



x2

5.1_dalla modellazione al prototipo

PROGETTO DI PROTOTIPAZIONE

Il prototipo di progetto viene costruito in scala 1:50 e in modo artigianale, impostato per dimostrare principi di ricombinazione, continuità, modularità e tiling, nonchè per realizzare una prima prova del design delle forme e delle superfici.

Si rende necessaria la preparazione delle matematiche da fornire alle macchine che aiutano nella realizzazione dei vari pezzi.

Gli elementi che verranno poi assemblati, vengono realizzati secondo diverse modalità: le parti piane vengono tagliate ed incise grazie ad una macchina laser, le forme più complicate vengono stampate in 3D con il processo SLS che fonde polvere di nylon, mentre gli scafi vengono prodotti in vetroresina, il materiale con cui sono stati progettati originariamente.

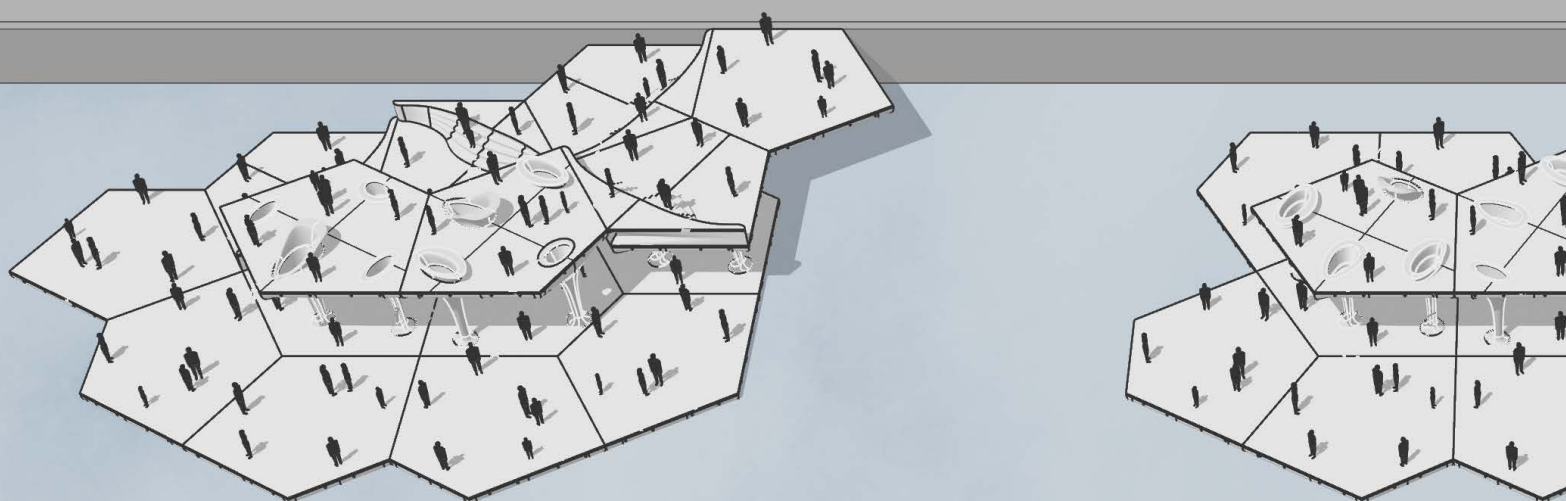
I vari elementi vengono prodotti in serie, nelle quantità necessarie per assemblare una serie di moduli capaci di comporre diverse combinazioni di aggregazione; in questo modo è possibile dimostrare i principi cardine del progetto.

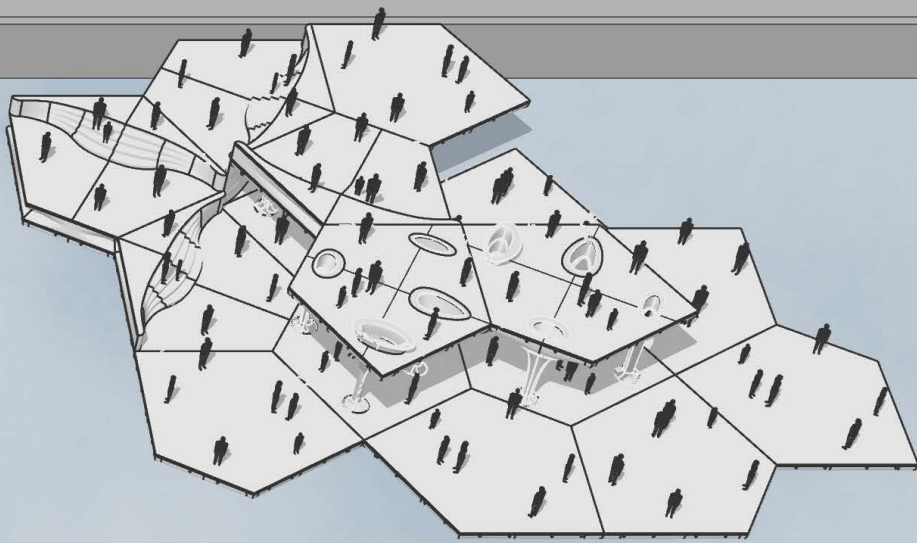
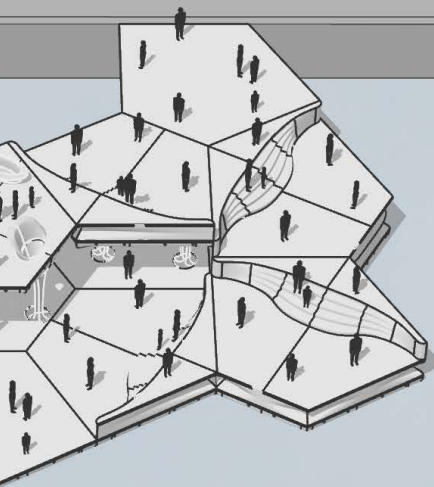
5.1.1_scelta delle tipologie per la prototipazione

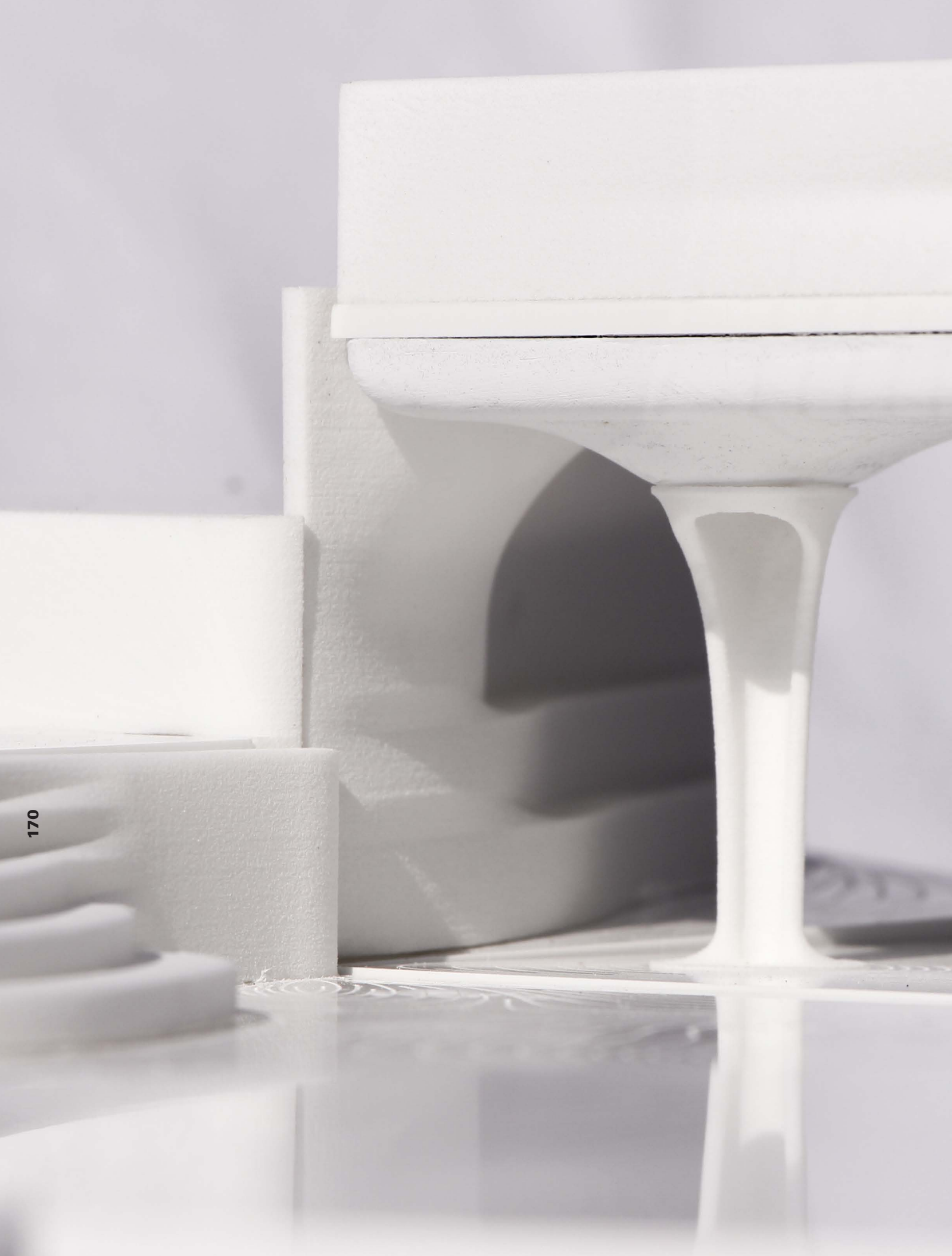
si sceglie di realizzare 6 tipologie di moduli, per un totale di 13 moduli; questa scelta viene fatta per poter produrre diverse combinazioni con continuità dei percorsi, utilizzando il minor numero di moduli possibile: uno dei concetti base di questo progetto.

5.1.2_ esempi di aggregazioni componibili con i 13 moduli scelti

168







5.2_processo di realizzazione

LE FASI DI LAVORO

La progettazione delle geometrie di base permette l'inizio del processo di realizzazione degli elementi. Gli scafi e le strutture superiori (che sono scafi sezionati) vengono costruiti in vetroresina, attraverso fasi ben precise.

Per prima cosa viene fresato lo stampo in MDF (compensato composto da scarti di legno) grazie ad una fresatrice. Lo stampo viene modellato a partire da un blocco alto 4cm (sufficiente per l'altezza degli scafi) grazie all'azione di una serie di utensili: da questo stampo verranno realizzati sia gli scafi inferiori che quelli superiori, come succede anche nel progetto reale.

Inizialmente la macchina agisce tramite uno sgrossatore piano toroidale, del diametro di 30mm, che lavora per layer, abbassandosi ad ogni passaggio di 7mm e spostandosi lateralmente di 12mm. Poi viene sostituito l'utensile con uno sferico per finiture, dal diametro di 25mm; in questa fase si lavora con una precisione di 1mm in altezza. I dettagli finali vengono realizzati grazie ad una punta di diametro 3mm, che va a rifinire lo stampo.

A questo punto il blocco viene resinato più volte, per renderlo impermeabile, e carteggiato per farlo tornare liscio e poter cominciare la stesura dei materiali. Vengono inizialmente stese due mani di alcool polivinilico (posato a spruzzo per controllare al meglio lo spessore) che agisce da distaccante in fase di estrazione, creando una pellicola. Con il distaccante perfettamente asciutto, viene realizzato lo strato di gelcoat, precedentemente catalizzato per un'asciugatura veloce.

5.2.1_prototipazione

vista di dettaglio di alcuni moduli assemblati che mostra tutti i tipi di materiali utilizzati: la vetroresina per la struttura orizzontale superiore, la stampa 3D per colonne e strutture di collegamento e taglio laser per le coperte.

Subito sopra questo strato viene posato il primo layer di fibra di vetro, utilizzando una grammatura molto sottile da 68gr per ottenere le forme desiderate; a questo strato segue la laminazione di uno strato più spesso da 450gr, che permette di arrivare a circa 1.5mm di spessore totale.

La laminazione degli strati di vetroresina viene realizzata grazie alla preparazione di una resina isotalica, unita al suo catalizzatore, con la quale vengono impregnati gli strati di fibra di vetro.

A questo punto si attende l'asciugatura del materiale per poi estrarlo dallo stampo.

Gli elementi piani vengono tagliati ed incisi sfruttando il lavoro di una macchina laser. Le lastre di base sono in plexiglass bianco, e vengono lavorate sulla base di una geometria CAD, opportunamente studiata. La macchina permette di controllare potenza e velocità dell'utensile, riuscendo a realizzare diversi tipi di lavorazioni: in questo caso un'incisione superficiale ed un taglio netto del materiale.

Vengono stampati in 3D tutte le forme maggiormente complicate, come colonne e chiusure verticali, realizzate con il metodo SLS (Selective Laser Sintering) che lavora con una polvere di poliammide



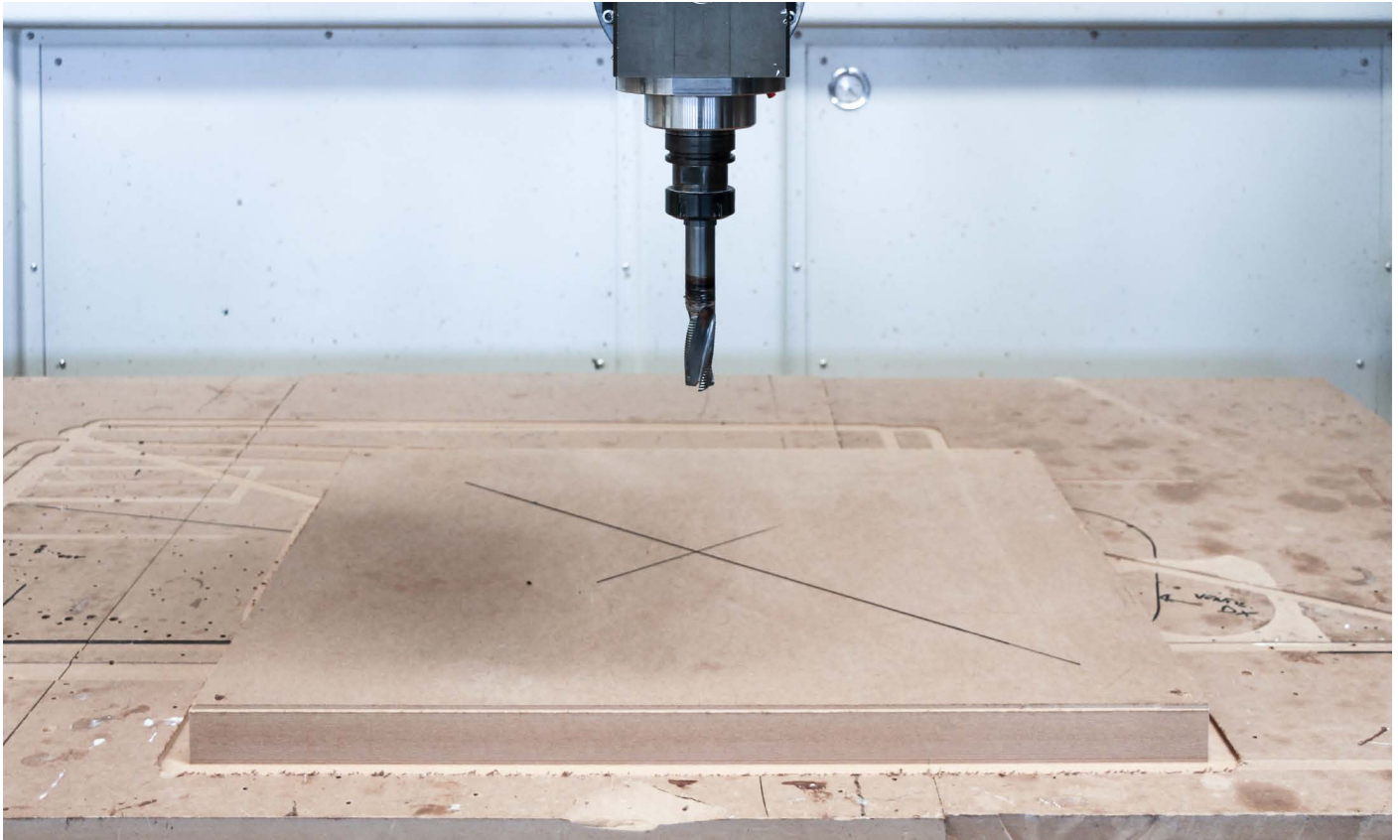
(nylon) sinterizzata al laser, un materiale estremamente versatile, che può essere flessibile nei bassi spessori, ma può avere una resistenza tale da renderlo ideale per la stampa 3D di parti con una necessità strutturale. Gli oggetti vengono creati da un raggio laser che "disegna" l'oggetto su uno strato di polvere solidificandolo strato per strato. Possono essere stampati elementi con uno spessore minimo di 0,7mm: in questo caso le parti risultano flessibili e possono essere curvate. Sopra i 2mm di spessore, gli elementi diventano rigidi.

Conclusa la fase di costruzione, tutti gli elementi vengono assemblati per realizzare i vari moduli componibili per formare diverse aggregazioni.

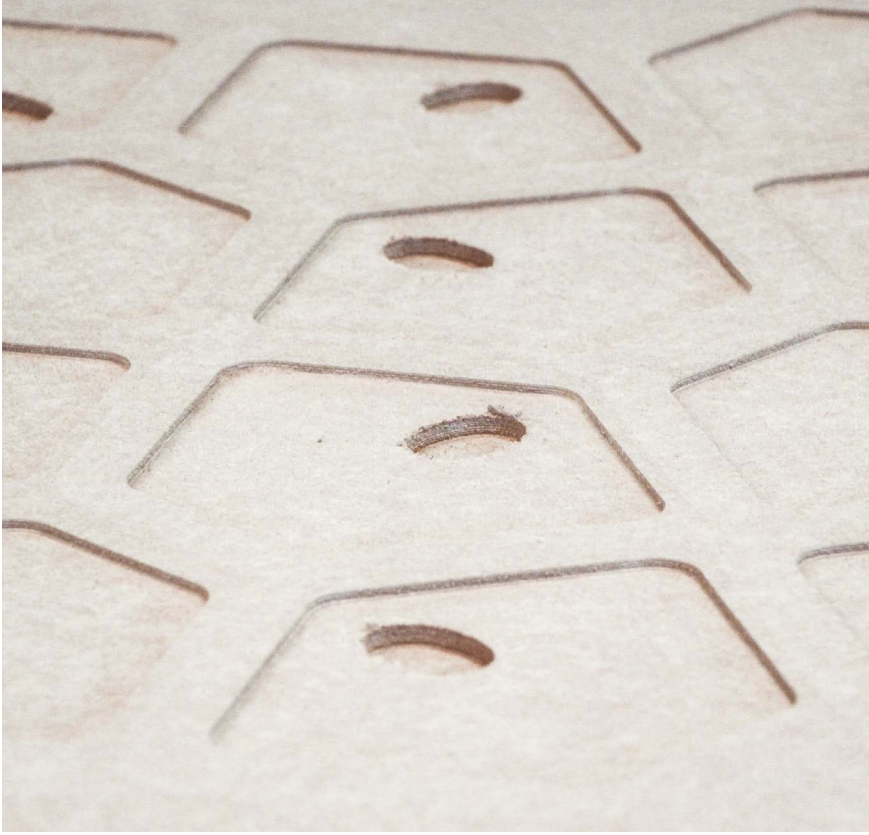
5.2.2_prototipazione

foto di una delle possibili aggregazioni modulari, sulla parte sinistra viene creato il collegamento ad elicoide.





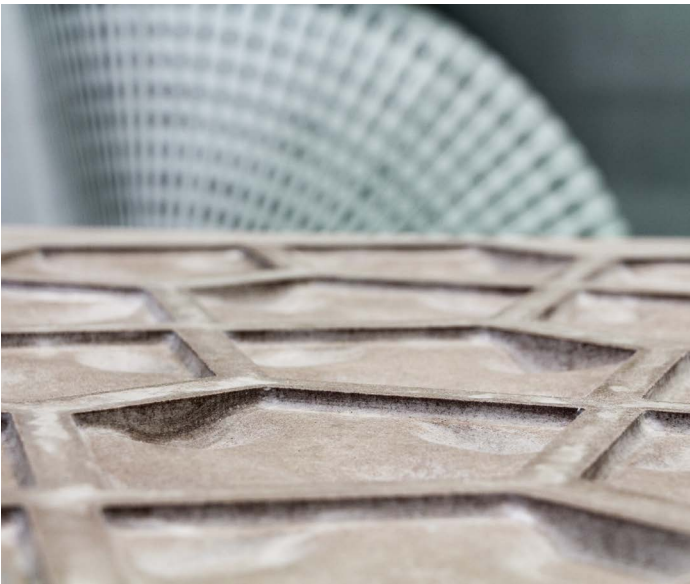
5.2.3_fresatura dello stampo in MDF, prima sgrossatura







5.2.4_fresatura dello stampo in MDF, finiture con utensili più sottili

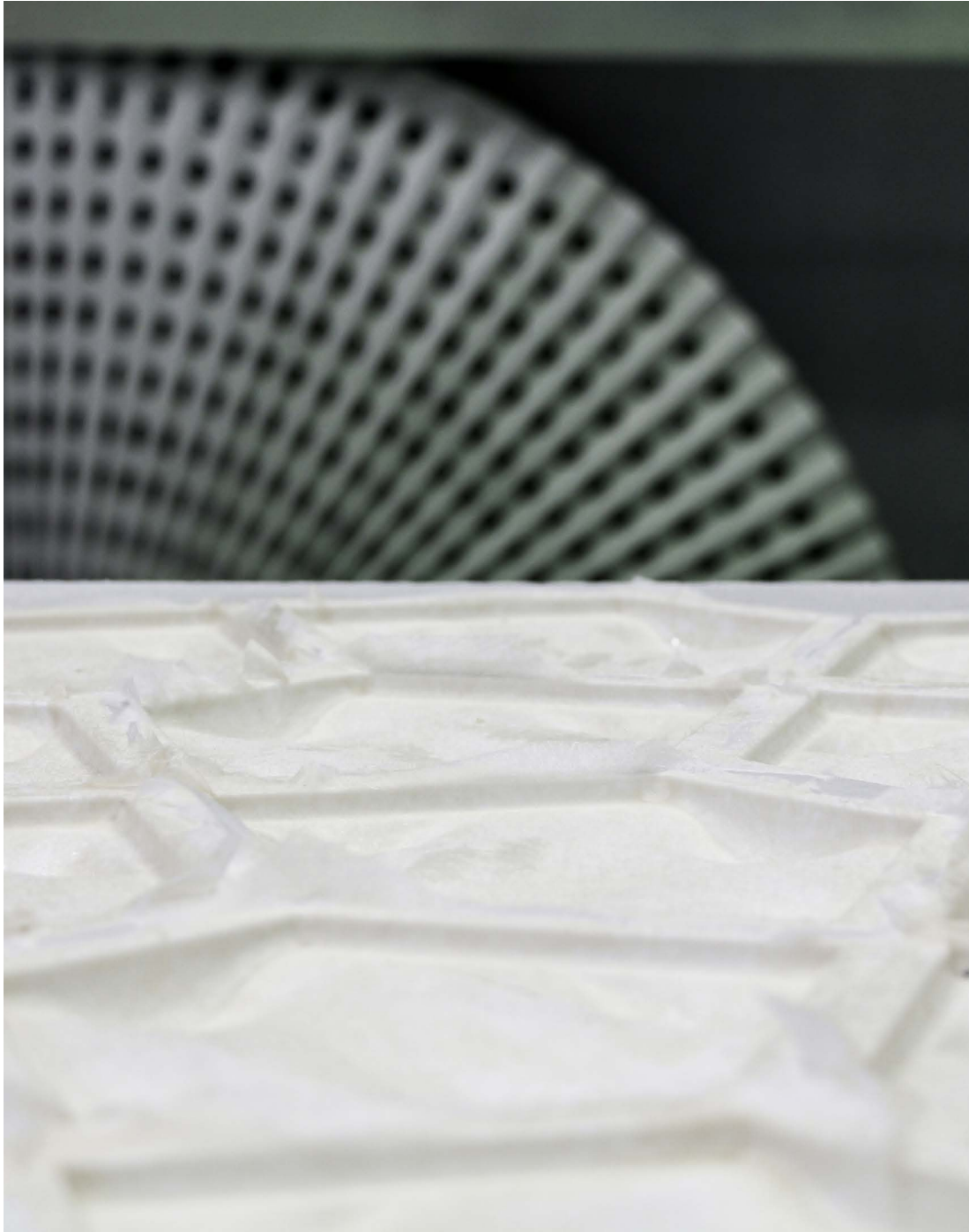




5.2.5_a fianco, impermeabilizzazione dello stampo

5.2.6_sopra, stesura a spruzzo dello strato di gelcoat



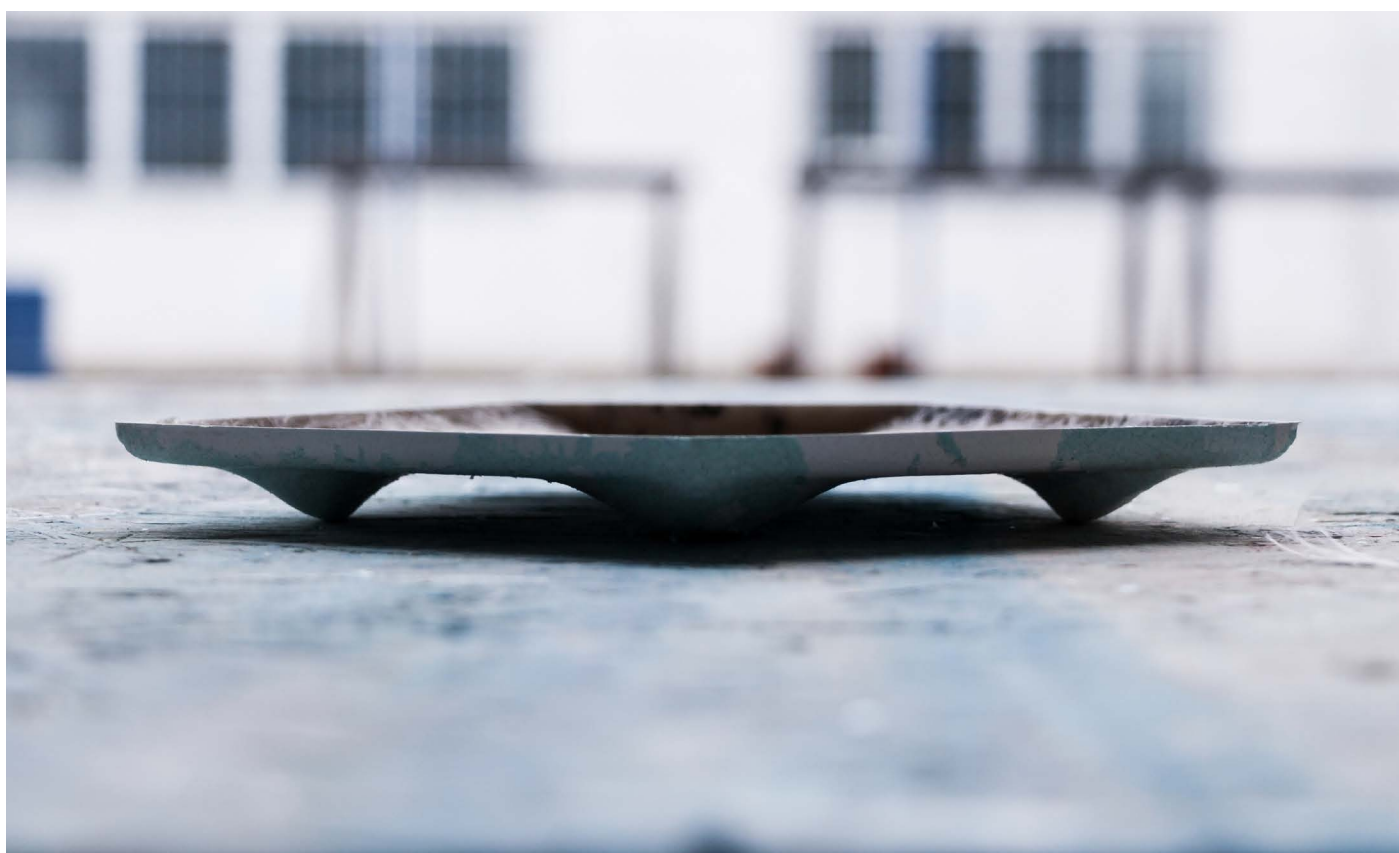


5.2.7_laminazione degli strati di vetroresina

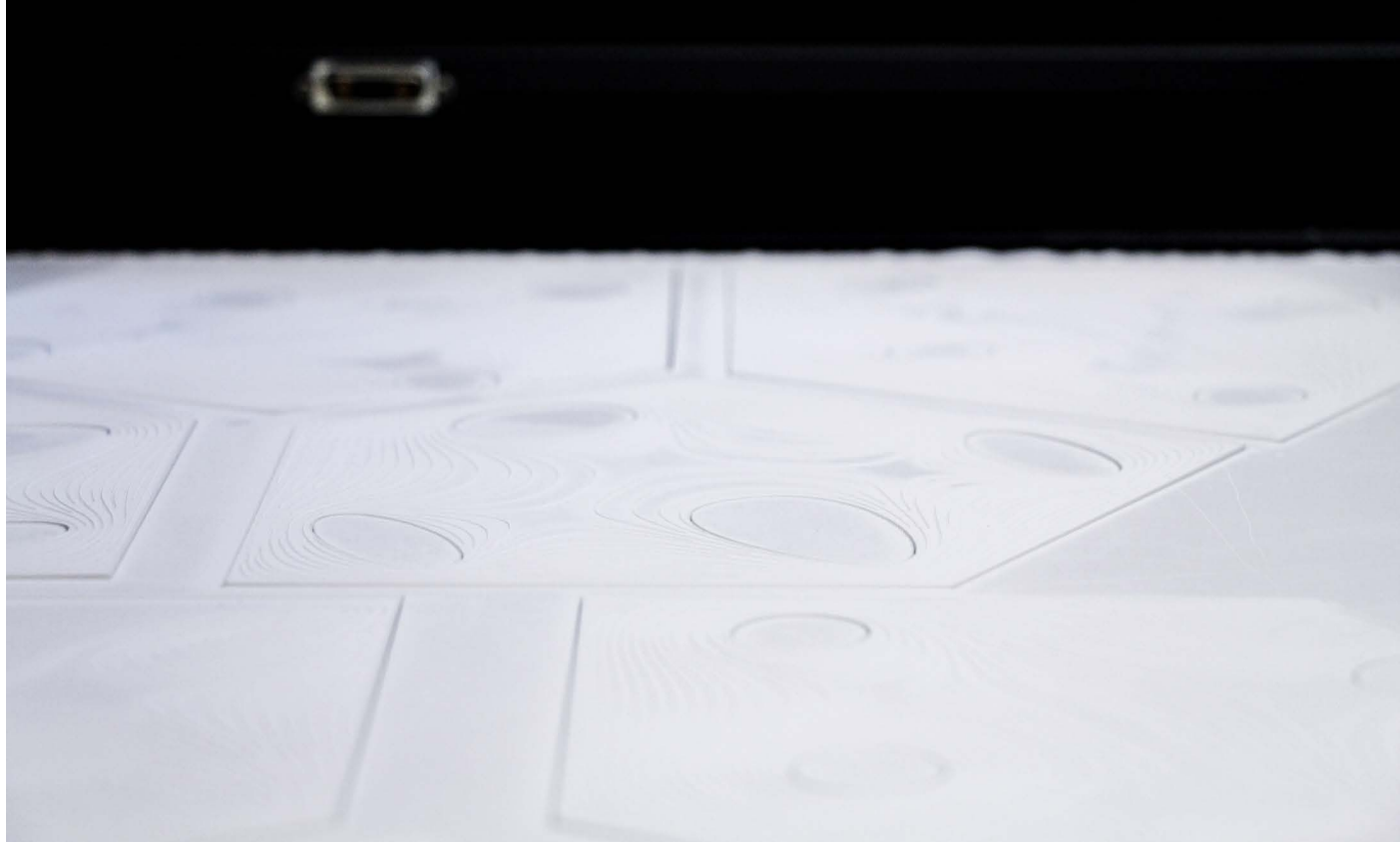
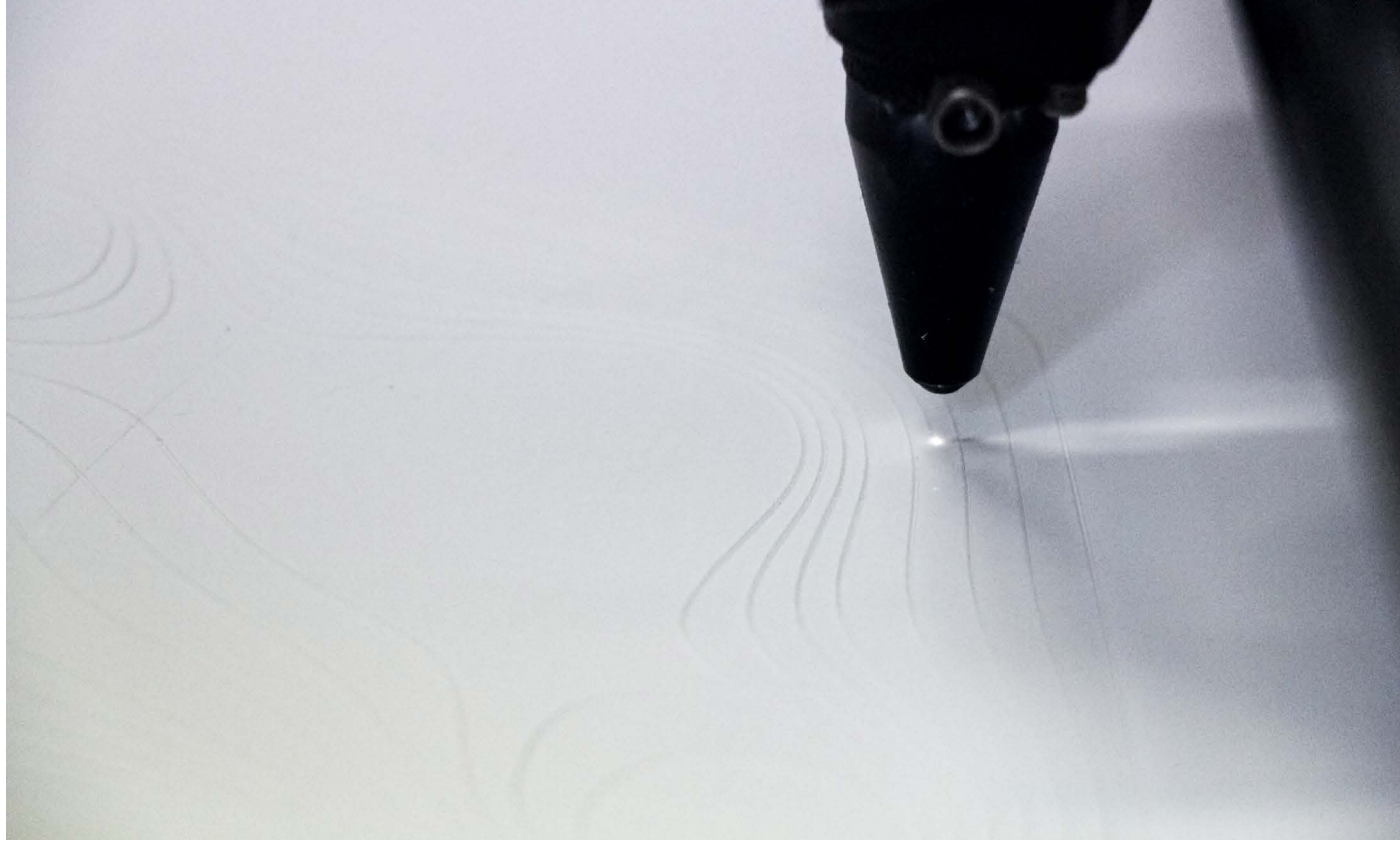
5.2.8 estrazione dei prototipi degli scafi dopo la completa asciugatura



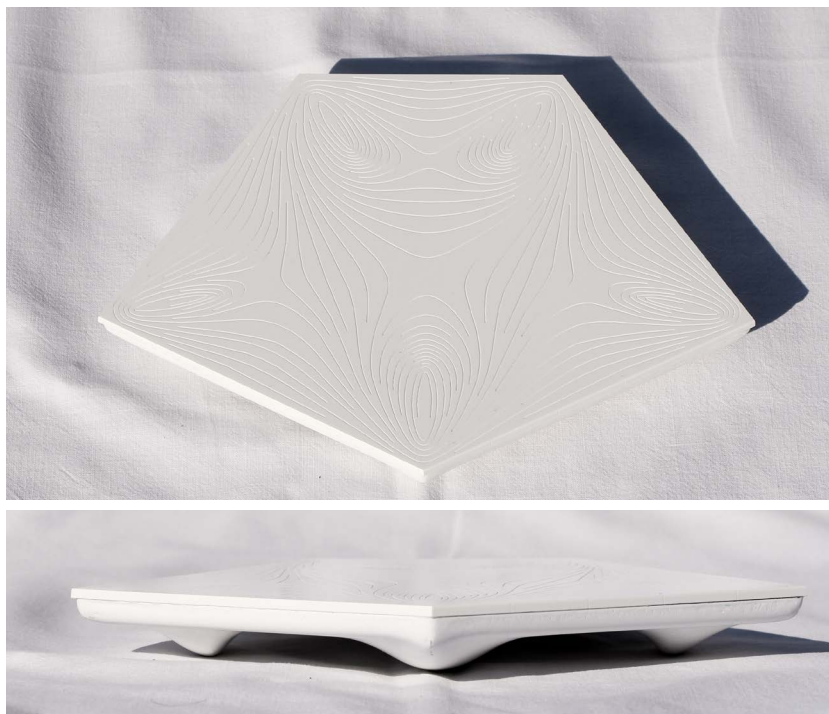




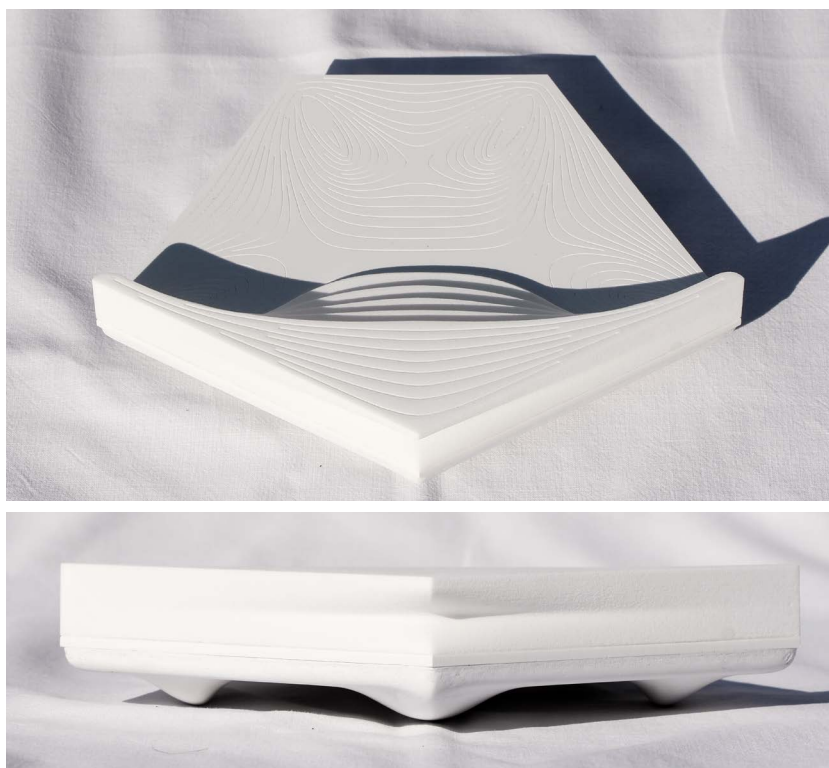
5.2.9_i prototipi in vetroresina vengono realizzati con una forma unica, utilizzata sia per gli scafi inferiori che per le strutture orizzontali superiori



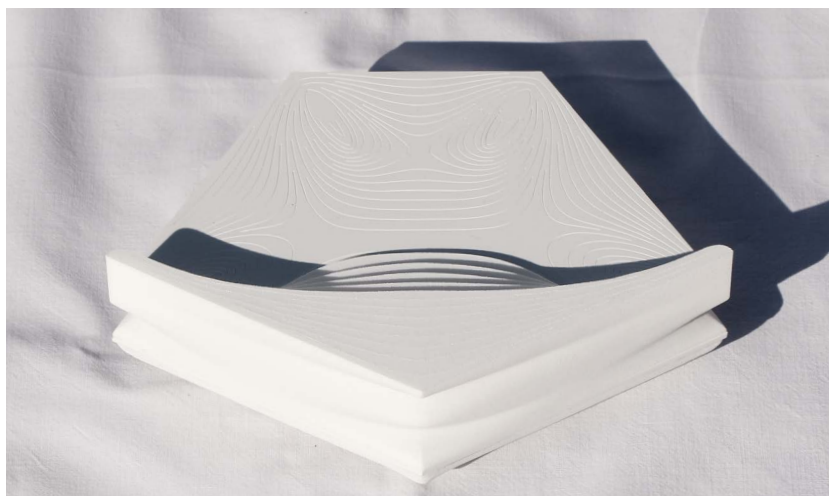
5.2.10_ taglio ed incisione con macchina laser per realizzare le coperte degli scafi



5.2.11_prototipo del modulo piatto



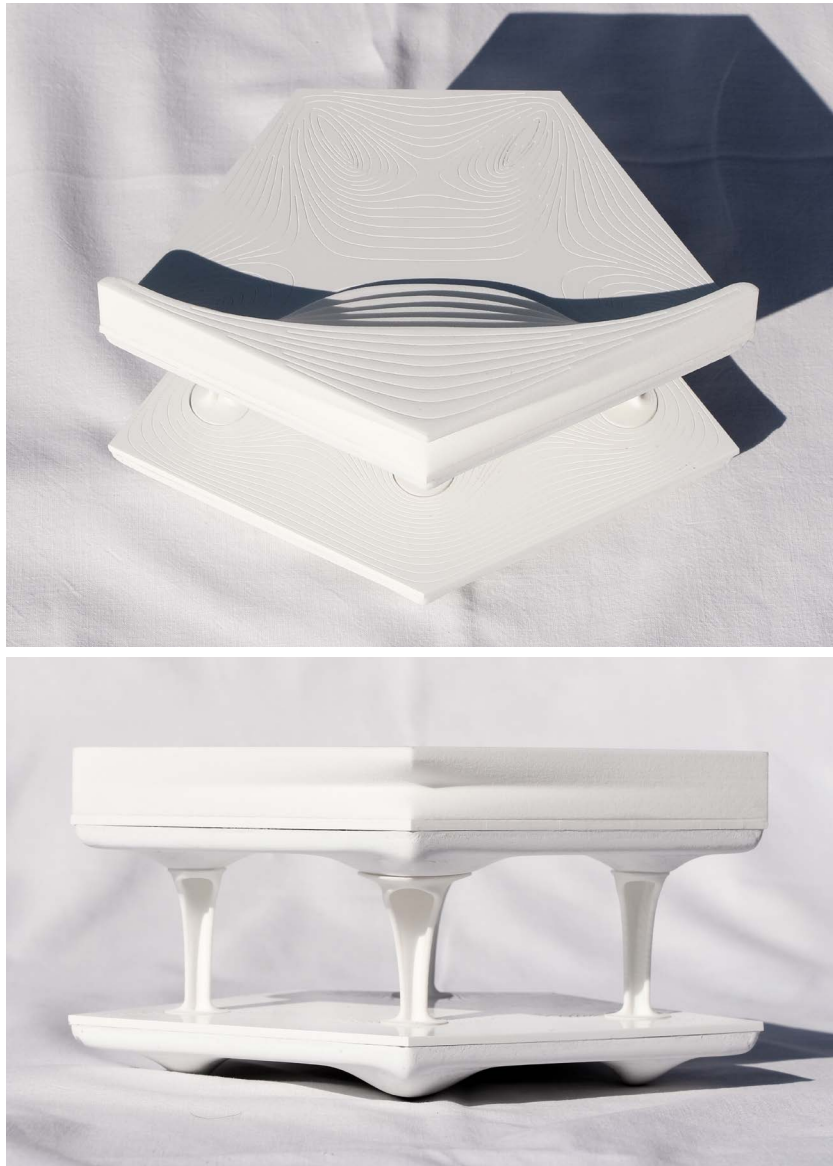
5.2.12_prototipo del modulo di collegamento da 0m a 1m



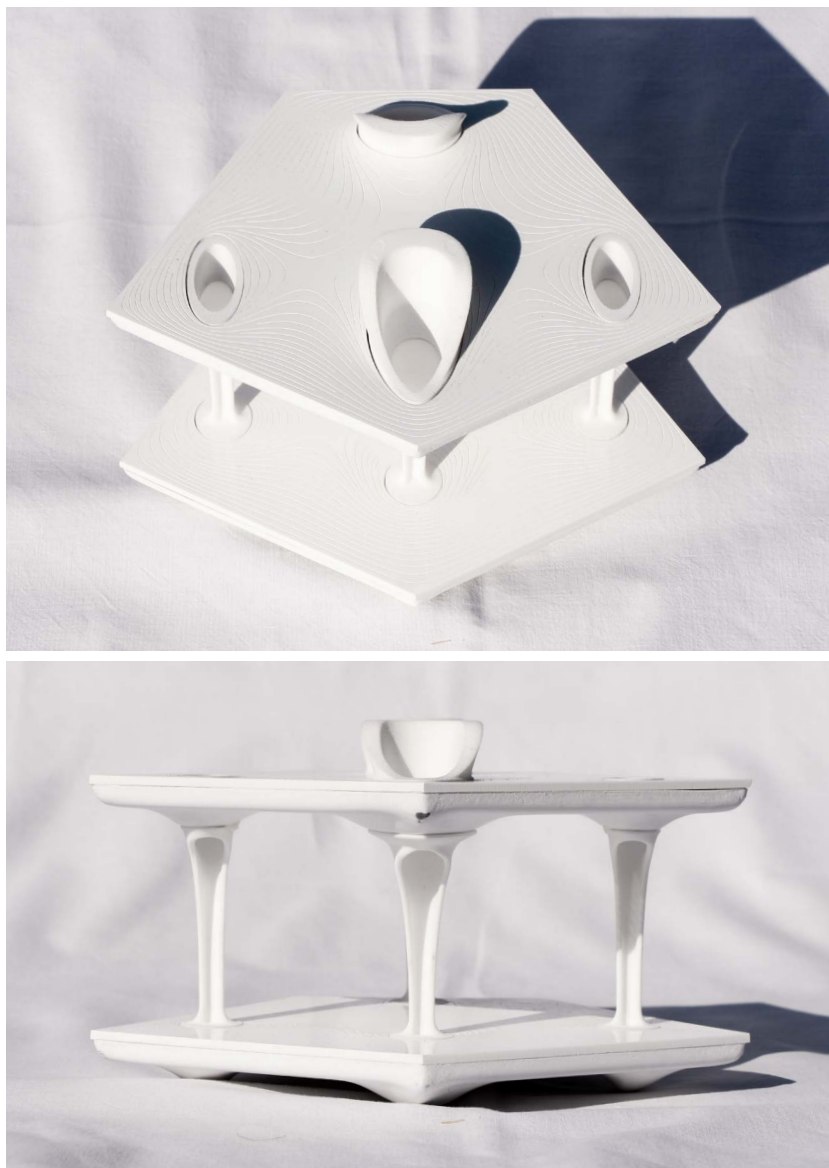
5.2.13_prototipo del modulo di collegamento da 1m a 2m



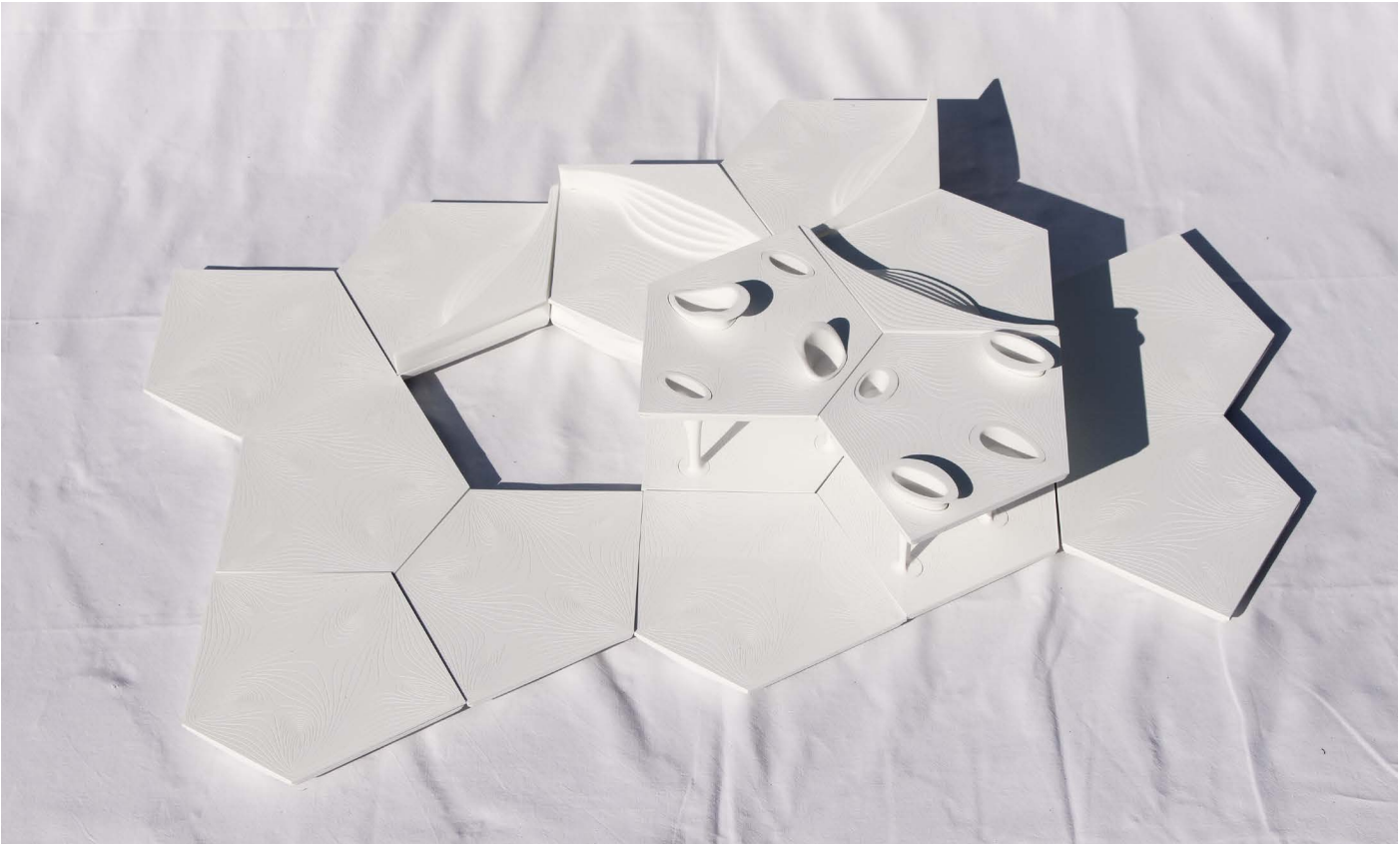
5.2.14_prototipo del modulo di collegamento da 2m a 3m

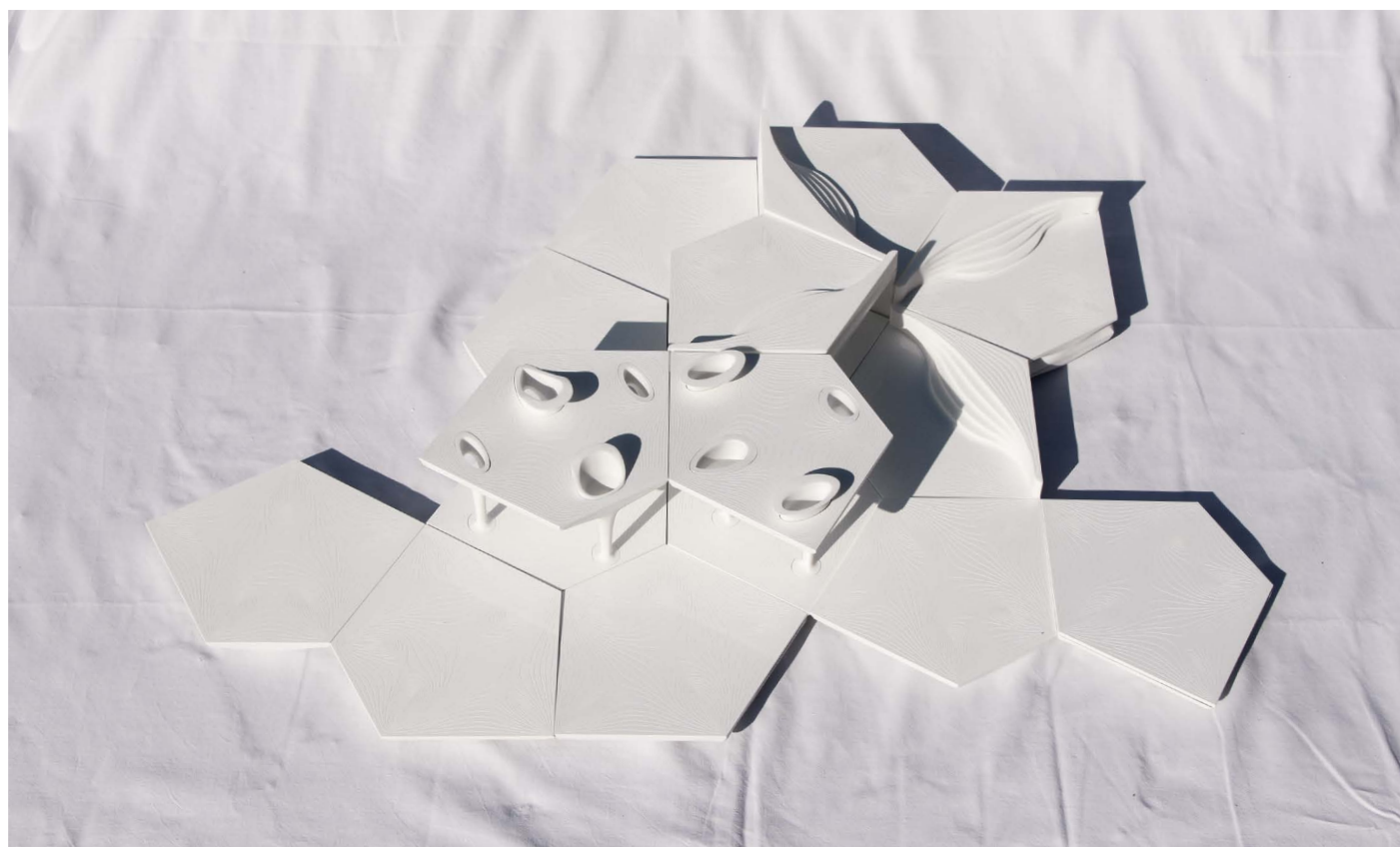


5.2.15_prototipo del modulo a due livelli con collegamento da 3m a 4m



5.2.16_prototipo del modulo a due livelli con colonne da 4m





conclusioni

La tesi nasce dalla volontà di agire sull'area della Darsena di Ravenna, strategica in quanto via d'acqua navigabile che congiunge il mare con il centro città ma dal potenziale ancora poco sfruttato. Viene studiato un progetto che possa essere inserito come catalizzatore all'interno di questo comparto urbano, creando spazi di interazione attraverso elementi modulari galleggianti e riconfigurabili per adattarsi a programmi d'uso flessibili; tali elementi si aggregano formando un sistema che ristrutturava lo spazio dell'attuale banchina, cambiandone la percezione da barriera a waterfront urbano. La necessità di ottenere una struttura con capacità di crescita e flessibilità programmatica sfocia in un approccio modulare seguendo il principio massima variazione/minimo numero di elementi i cui principi aggregativi si basano sulla tassellazione "Cairo". Vengono studiate le possibilità di incorporare variazione ed eterogeneità all'interno del sistema senza comprometterne la modularità fino ad integrare percorsi multilivello.

Proprio la natura dinamica di questo progetto permette possibilità di inserimento in diversi contesti, grazie alle spiccate caratteristiche in termini di adattabilità.

La definizione delle morfologie delle parti che compongono i moduli si basano sullo studio dei principi di galleggiamento, stabilità e yacht design: a partire dalla forma dello scafo adatta ai principi di tiling definiti in precedenza, tutte le parti che compongono le varie tipologie di modulo sono progettate cercando continuità e integrazione tettonica (geometrica, strutturale, funzionale e percettiva). Vengono proposte soluzioni integrate sia per le problematiche tipiche delle strutture galleggianti sia per l'inserimento di attività all'interno della soluzione architettonica.

La prototipazione finale dimostra l'effettiva applicazione dei principi posti alla base del progetto, propri della soluzione architettonica finale in tutte le sue parti: anche il prototipo permette la riconfigurabilità del sistema in modo tale che non si perda mai la continuità dei percorsi interni, mantenendo sempre coerenza con le linee progettuali.

Lo sviluppo avviene attraverso fasi progettuali che si influenzano a vicenda e si intrecciano continuamente; il controllo sull'evoluzione dello studio viene sempre mantenuto grazie all'apporto dei software, che riescono ad adattarsi al meglio a questi continui cambiamenti.

Il rapporto tra modularità e architettura non rimane solo superficiale, ma viene inserito direttamente come base progettuale, ed influenza tutta la progettazione.

bibliografia

LIBRI

- _L.SPUYBROEK, "The Architecture of Continuity: Essays and Conversation", Deleyva Editore, 2013.
- _J. REISER, N. UMEMOTO, "Atlas of Novel Tectonics", Princeton Architectural Press, 2006.
- _S.JOHNSON, "Emergence", scribner, 2004.
- _Charles Moore, "Water and Architecture", 1994
- _Juhani Pallasmaa, "Gli occhi della pelle. L'architettura e i sensi", 2007.
- _P. Zumthor, "Atmosfere. Ambienti architettonici. Le cose che ci circondano", Mondadori, 2007

ARTICOLI SCIENTIFICI E PAPERS

- _M.Foster Gage, "Project Mayhem", Fulcrum, giugno 2011.
- _F. Garutti, "Inervista a Peter Zumthor", Klat #05, primavera 2011.
- _B.R. JOHNSON, "Pattern formation on the combs of honeybees: increasing fitness by coupling self-organization with templates ", section of Ecology, Behaviour and Evolution, Division of Biological Sciences, University of California, San Diego, 2009.
- _T. D. SEELEY, R. A. MORSE, "The nest of the honey bee (APIS MELLIFERA L.)", Insectes Sociaux, Paris, 1976.

SITOGRAFIA

- _http://paulbourke.net/texture_colour/tilingplane
- _http://en.wikipedia.org/wiki/Tessellation
- _http://www.steelpillow.com/polyhedra/five_sf/five.htm#coords
- _http://www.tess-elation.co.uk/new-hom
- _http://erwinhauer.com/eh/installations
- _http://www.jaapsch.net/tilings/#pentagon
- _http://donsteward.blogspot.it/2011/07/cairo-pentagon-tilings.html
- _http://kilyos.ee.bilkent.edu.tr/~history/geometry.html
- _http://plethora-project.com/completeworks/2014/10/28/polyomino-academic-research
- _https://en.wikipedia.org/wiki/Ship_stability
- _http://www.raffaelestaiano.com/fascicolo_di_stabilita.html
- _http://www.juliantrubin.com/bigten/archimedesprinciple.html
- _https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/WindTunnel/Activities/buoy_Archimedes.html
- _http://www.wally.com/wally110-underconstruction



Tesi di Laurea in Architettura e composizione architettonica III

Anno accademico 2015/2016

di Andrea Tardozi

DA - Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

Scuola di ingegneria e architettura

Corso di Laurea in Ingegneria Edile / Architettura

Relatore: Prof. Alessio Erioli

Correlatore: Ing. Arch. Mattia Mercatali